

(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
2012年5月3日(03.05.2012)

PCT

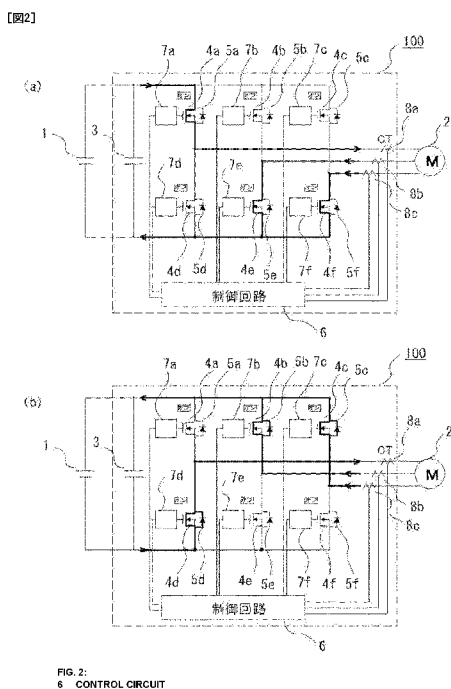
(10) 国際公開番号
WO 2012/056766 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/064813
- (22) 国際出願日: 2011年6月28日(28.06.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-240824 2010年10月27日(27.10.2010) JP
- (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): 中山 靖 (NAKAYAMA Yasushi) [—/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). 東 聖 (AZUMA Satoshi) [—/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: 村上 啓吾, 外 (MURAKAMI Keigo et al.); 〒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, 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, 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, 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 (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POWER CONVERSION APPARATUS

(54) 発明の名称: 電力変換装置



(57) Abstract: When a control circuit (6) detects an overcurrent, the control circuit (6) conducts ON-OFF control of a switching element that is switchable in the forward/reverse directions such that, when the control circuit (6) is in a mode wherein the current flowing until then is reduced, and a mode wherein current is made to flow through either one of the diodes, a switching element that is connected in parallel to the current-flowing diode is turned ON. Specifically, a switching element (4a) of the upper arm of a phase wherein current flows out from a series connection point between the upper and lower arms thereof to a motor (2) is turned OFF, a switching element (4d) of the lower arm of the phase is turned ON, switching elements (4e, 4f) of the lower arms of phases wherein currents flow in from the motor (2) through the series connection points thereof are turned OFF, and switching elements (4b, 4c) of the upper arms of those phases are turned ON. In such a way, current flowing through a diode connected in parallel to a switching element is limited even when an overcurrent is generated, to protect the diode from deterioration or damages due to the overcurrent.

(57) 要約: 制御回路(6)は、過電流検知部が過電流を検知したとき、順方向および逆方向にスイッチング可能なスイッチング素子のオンオフ制御を、それまでに流れていた電流が低減するモードであって、当該モードがダイオードのいずれかを通電させるモードである場合は、当該通電ダイオードに並列に接続されているスイッチング素子をオンするように制御する。具体的には、電流が上下アームの直列接続点からモータ(2)へ流れ出す相の上アームのスイッチング素子(4a)をオフし、下アームのスイッチング素子(4d)をオン、モータ(2)から直列接続点を通して流れ込む相の下

アームのスイッチング素子(4e)、(4f)をオフし、上アームのスイッチング素子(4b)、(4c)をオンする。これにより、過電流が発生した場合でも、スイッチング素子と並列に接続されたダイオードに流れる電流を抑制し、過電流による劣化や破壊から保護する。

WO 2012/056766 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : 電力変換装置

技術分野

[0001] この発明は、電力用半導体素子を用いた電力変換装置に関するものであり、特に過電流が流れた場合における、スイッチング素子と並列に接続されたダイオードの保護に関するものである。

背景技術

[0002] 従来の電力変換装置として、例えば、特許文献1に同期整流方式に関するものが示されている。この特許文献1には、誘導性負荷を駆動する場合において、スイッチング素子の順方向とは逆方向に電流が流れる還流モード時にパワースwitching素子をオン駆動させ、パワースwitching素子における電圧降下を極力低減する同期整流方式に関し、デッドタイムを最小限に短縮し、それにより、フリーホイールダイオードを削減することが可能な回路方式が示されている。

[0003] また、別の電力変換装置として、例えば、特許文献2には、インバータ装置の過電流保護に関するものが示されている。この特許文献2では、異常電流が流れた場合にはゲート電圧制御回路が作動し、作動中は出力遮断信号が電流を急激に遮断することはないのが特徴であるが、過電流が発生した時には、全スイッチング素子をオフする例が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-211703号公報
特許文献2：特開平06-054552号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献2のように、過電流時に全スイッチング素子をオフすると、スイッチング素子と並列に接続されたダイオードに過電流が流れる。特許文献1

に示されたような同期整流方式を用いる場合、特にフリーホイールダイオードを削減し、ボディダイオードに電流を流す場合等、スイッチング素子と並列に接続されたダイオードの過電流耐量が低いと、ダイオードの劣化や、最悪の場合、破壊に至る可能性がある。

[0006] この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、過電流が発生した場合でも、スイッチング素子と並列に接続されたダイオードに流れる電流を抑制し、過電流による劣化や破壊から保護することが可能な電力変換装置を得ることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] この発明に係る電力変換装置は、第1の入出力端を構成する正極および負極と、互いに直列にして第1の入出力端の正極から負極までの間に接続された上アームおよび下アームとを備え、上アームと下アームとの直列接続点を第2の入出力端に接続する電力変換装置であって、

上アームおよび下アームは、それぞれ順方向および逆方向にスイッチング可能なスイッチング素子とスイッチング素子に並列に接続されたダイオードとを有し、

スイッチング素子のオンオフ制御を行う制御回路、直列接続点と第2の入出力端との接続部に流れる電流を検出する電流検出器、および電流検出器からの電流検出値が所定の過電流設定値を越えたことを検知する過電流検知部を備え、

制御回路は、過電流検知部が過電流を検知したとき、スイッチング素子のオンオフ制御を、それまでに流れていた電流が低減するモードであって、当該モードがダイオードのいずれかを通電させるモードである場合は、当該通電ダイオードに並列に接続されているスイッチング素子をオンさせる電流低減オンオフ制御モードに切り換えるものである。

発明の効果

[0008] 以上のように、この発明に係る電力変換装置の制御回路は、過電流検知部が過電流を検知したとき、スイッチング素子のオンオフ制御を、それまでに

流れていた電流が低減するモードであって、当該モードがダイオードのいずれかを通電させるモードである場合は、当該通電ダイオードに並列に接続されているスイッチング素子をオンさせる電流低減オンオフ制御モードに切り換えるようにしたので、過電流が発生しても、ダイオードに流れる電流は確実に抑制され、劣化や破壊から保護することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本発明の実施の形態1による電力変換装置を示す回路図である。
- [図2]本発明の実施の形態1による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図3]本発明の実施の形態2による電力変換装置を示す回路図である。
- [図4]本発明の実施の形態2による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図5]本発明の実施の形態3による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図6]本発明の実施の形態4による電力変換装置を示す回路図である。
- [図7]本発明の実施の形態4による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図8]本発明の実施の形態5による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図9]本発明の実施の形態6による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図10]本発明の実施の形態7による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図11]本発明の実施の形態7による電力変換装置の過電流検知時の図10と異なる動作を示す回路図である。
- [図12]本発明の実施の形態8による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。
- [図13]本発明の実施の形態8による電力変換装置の過電流検知時の図12と

異なる動作を示す回路図である。

[図14]本発明の実施の形態9による電力変換装置を示す回路図である。

[図15]本発明の実施の形態9による電力変換装置の過電流検知時の動作を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態1.

図1に、本発明の実施の形態1による電力変換装置の回路図を示す。電力変換装置の代表例として、3相2レベルインバータを用いて説明する。電力変換装置100は、その第1の入出力端101に直流電源1が接続され、直流電源1の直流電圧を3相交流電圧に変換して第2の入出力端102に接続された、交流側のモータ2を駆動する。電力変換装置100の第1の入出力端101にはフィルタコンデンサ3が接続されている。第1の入出力端101の正極と負極との間には3相分のスイッチング素子4a~4c、4d~4fが直列に接続されている。スイッチング素子4a~4fは、MOSFET等、順方向および逆方向にスイッチング可能な素子を用いて構成される。スイッチング素子4a~4fと並列にダイオード5a~5fが接続され、正極側に取り付けられたスイッチング素子4a~4cとダイオード5a~5cとで各相の上アームを構成し、負極側に取り付けられたスイッチング素子4d~4fとダイオード5d~5fとで各相の下アームを構成する。

[0011] 上アームのスイッチング素子4a~4cと下アームのスイッチング素子4d~4fとの直列接続点は出力点となっており、モータ2に接続されている。制御回路6は、スイッチング素子4a~4fをオン、オフする制御信号を駆動回路7a~7fに出力し、駆動回路7a~7fは、制御信号にもとづき、スイッチング素子4a~4fを駆動する。モータ2とスイッチング素子4a~4fの直列接続点との間には各相の電流を検出する電流検出器8a~8cが挿入されており、電流検出器8a~8cの検出信号は、制御回路6に入力される。制御回路6は、電流検出器8a~8cの検出信号を受け、過電流が流れているか否か、すなわち、電流検出値が予め設定された所定の過電流

設定値を越えることを判断する過電流検知部および電流検出器 8 a ~ 8 c からの検出電流の電流方向を検知する電流方向検知部を備えている。

[0012] 正常状態においては、上アームのスイッチング素子と下アームのスイッチング素子とを、両アームのスイッチング素子が同時にオンしないようにデッドタイムを挟んで交互にオン駆動する同期整流方式が用いられる。例えば、上アームのスイッチング素子 4 a を通して、正極側から、モータ 2 側へ電流が流れている状態から、スイッチング素子 4 a をオフすると、スイッチング素子 4 a に流れていた電流は、下アームのダイオード 5 d に転流する。デッドタイム期間、すなわち、上アームのスイッチング素子 4 a も下アームのスイッチング素子 4 d もオフしている期間は下アームのダイオード 5 d に流れるが、その後、下アームのスイッチング素子 4 d がオンし、電流は下アームのスイッチング素子 4 d とダイオード 5 d に分流して流れる。なお、スイッチング素子 4 d とダイオード 5 d との分流比は素子特性によって決まり、素子特性によってはスイッチング素子だけに電流が流れる場合もある。また、特許文献 1 にあるように、デッドタイムを極力短くする手法を用いれば、スイッチング素子に電流が流れず、ダイオードにのみ電流が流れる期間を短縮することもできる。

[0013] このような同期整流方式を用いる場合、ダイオードのみに電流が流れる期間は短く、それ以外の期間も電流が流れたとしてもスイッチング素子と分流して流れるため、同期整流方式を用いない場合に比べ、ダイオードを小容量化することが可能で、場合によっては、スイッチング素子のボディダイオードを用いることも可能となる。

なお、この発明の適用上、正常状態における制御動作として、必ずしも、同期整流方式を採用しなくてもよい。実施の形態 2 以降の場合も同様である。

[0014] 次に、過電流発生時の動作について図 2 にもとづき説明する。特許文献 2 のように、過電流検知時に全スイッチング素子をオフすると、ダイオードに過電流が流れるという問題があるが、過電流が流れるダイオードと並列に接

続されたスイッチング素子をオンすることでダイオードの保護が可能となる。図2(a)は、過電流が流れている状態を示しており、スイッチング素子4a、4e、4fがオン状態で、スイッチング素子4a、4e、4fの順方向に電流が流れている場合を想定している。過電流が流れると、電流検出器8a~8cからの検出信号を受けて、制御回路6はその過電流検知部が過電流の発生を検知し、その電流方向検知部により検知される、過電流が流れている向きから、どのスイッチング素子をオンし、どのスイッチング素子をオフするかを判断する。すなわち、電流が電力変換装置100内の上下アームの直列接続点から交流側のモータ2へ流れ出す相の上アームのスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオン、交流側のモータ2から直列接続点を通して電力変換装置100内へ流れ込む相の下アームのスイッチング素子をオフ、上アームのスイッチング素子をオンする。

[0015] 図2(b)は、以上で示す保護動作後の状態を示しており、この例では、過電流検知時(図2(a))において、電流が電力変換装置100内の直列接続点から交流側のモータ2へ流れ出す相の上アームのスイッチング素子4aをオフし、下アームのスイッチング素子4dをオン、交流側のモータ2から直列接続点を通して電力変換装置100内へ流れ込む相の下アームのスイッチング素子4e、4fをオフし、上アームのスイッチング素子4b、4cをオンする。このように制御することにより、電流はダイオードとスイッチング素子に分流して流れつつ、フィルタコンデンサ3を充電する回路動作となり、電流は減衰する。

[0016] すなわち、制御回路6は、その過電流検知部が過電流の発生を検知すると、各スイッチング素子のオンオフ制御を、それまでに流れていた電流が低減するモードであって、当該モードがダイオードのいずれかを通電させるモードである場合は、当該通電ダイオードに並列に接続されているスイッチング素子をオンさせる電流低減オンオフ制御モードに切り換える。ここでは、この電流低減オンオフ制御モードは、フィルタコンデンサ3を充電する、充電オンオフ制御モードになっており、同制御モードにおいてオン動作させるス

スイッチング素子（4 b、4 c、4 d）は、いずれも各並列接続されたダイオード（5 b、5 c、5 d）と分流して、当該ダイオードに流れる電流を一層軽減させる役割を担っている。

[0017] その後、電流がダイオードの劣化や、破壊に影響しない程度まで低下し、予め設定した所定の下限値以下になった後、オンしているスイッチング素子をオフすることで電流を遮断することができる。3相の場合には、電流がダイオードの劣化や、破壊に影響しない程度まで低下した相からスイッチング素子をオフしても良い。

[0018] 特許文献2のように、過電流検知時に全スイッチング素子をオフした場合には、スイッチング素子に電流が流れず、ダイオードのみに電流が流れるのに対し、本発明では、電流は、スイッチング素子とダイオードとに分流して流れるため、ダイオードの劣化や破壊を防止することができる。特に、同期整流方式を採用する等により、ダイオードにスイッチング素子のボディダイオードを用いる場合等、ダイオードの過電流耐量が低い場合は、この発明の効果は大きくなる。

[0019] 以上のように、この発明の実施の形態1では、電力変換装置としての3相2レベルインバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、フィルタコンデンサを充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れる電流が大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。

[0020] なお、この例では電力変換装置として直流を交流に変換するインバータの例を示したが、上アームと下アームにスイッチング素子とスイッチング素子と並列にダイオードを備えていれば、交流を直流に変換するコンバータであっても良い。

[0021] 実施の形態2.

先の実施の形態1では、2レベル電力変換装置の場合を示したが、本実施の形態では、正極および負極に加えて中間電極を有する3レベル電力変換装置の場合について説明する。図3に、本実施の形態2による電力変換装置の回路図を示す。図3の電力変換装置200は、第2の入出力端202に接続された単相交流電源10の交流を直流に変換して第1の入出力端201から出力する単相3レベルコンバータで、先の実施の形態1で示した電力変換装置100の直流電源として用いた場合を示している。

[0022] 3レベル電力変換装置200では、正極、負極と中間電極を有するため、正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bとを用いている。正極側と負極側との間には、上アームのスイッチング素子12a、12eと下アームのスイッチング素子12d、12hとが互いに直列に接続して取り付けられ、これらの直列接続点が単相交流電源10に接続されている。また、これら直列接続点と、正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bの接続点（中間電極）との間には、それぞれ中間電位を出力する中間アームを構成する、スイッチング素子12bと12c、12fと12gが互いに逆直列にして取り付けられている。

スイッチング素子12a～12hは、MOSFET等、順方向および逆方向にスイッチング可能な素子を用いて構成される。また、各スイッチング素子には、ダイオード13a～13hが並列に接続される。

[0023] 制御回路14は、スイッチング素子12a～12hをオン、オフする制御信号を駆動回路15a～15hに出力し、駆動回路15a～15hは、制御信号にもとづき、スイッチング素子12a～12hを駆動する。単相交流電源10の各相の電流を検出する電流検出器16a、16bが取り付けられており、電流検出器16a、16bの検出信号は、制御回路14に入力される。制御回路14は、電流検出器16a、16bの検出信号を受け、過電流が流れているか否か、すなわち、電流検出値が予め設定された所定の過電流設定値を越えることを判断する過電流検知部および電流検出器16a、16bからの検出電流の電流方向を検知する電流方向検知部を備えている。

[0024] このような3レベル電力変換装置においても、正常状態においてはダイオードの順方向に電流が流れる場合にダイオードと並列に接続されたスイッチング素子をオンする同期整流方式を用いることにより、ダイオードに流れる電流をスイッチング素子に分流させることができ、ダイオードを小容量化することが可能で、場合によっては、スイッチング素子のボディダイオードを用いることもできる。

[0025] 図4を用いて3レベル電力変換装置200の過電流発生時の動作について説明する。図4(a)は、過電流が流れている場合を想定しており、スイッチング素子12aを通して電力変換装置200側から単相交流電源10側へ、スイッチング素子12f、12gを通して単相交流電源10側から電力変換装置200側へ流れている。過電流が流れると、電流検出器16a、16bからの検出信号を受けて、制御回路14は、その過電流検知部により過電流を検知すると、電流低減オンオフ制御モードに切り換えるため、その電流方向検知部により検知した、電流が流れている向きから、どのスイッチング素子をオンし、どのスイッチング素子をオフするかを判断する。

[0026] 先の実施の形態1においては、上アームと下アームのスイッチング素子のオン、オフ制御であったが、3レベル電力変換装置の場合、中間アームのスイッチング素子のオンオフ制御も考慮する必要がある。

電流の減衰を早くするためには、フィルタコンデンサ11a、11bの両方に電流を戻す充電動作とした方が良く、そのためには、中間アームのスイッチング素子12b、12c、12f、12g、および、ダイオード13b、13c、13f、13gに電流を流さない方が良い。よって、電流が電力変換装置200内の上下アームの直列接続点から単相交流電源10側へ流れ出す相については、上アームのスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオン、単相交流電源10側から直列接続点を通じて電力変換装置200内に流れ込む相については、下アームのスイッチング素子をオフ、上アームのスイッチング素子をオン、中間アームのスイッチング素子はオフ制御する。

[0027] 図4 (b) は、以上で示す保護動作後の状態を示しており、この例では、過電流検知時 (図4 (a)) において、電流が電力変換装置200内の直列接続点から単相交流電源10側に流れ出す相については、上アームのスイッチング素子12aをオフし、下アームのスイッチング素子12dをオン、中間アームのスイッチング素子12cをオンからオフに制御する。電流が単相交流電源10側から直列接続点を通じて電力変換装置200内へ流れ込む相については、下アームのスイッチング素子12hはオフ状態を保ち、中間アームのスイッチング素子12f、12gをオフし、上アームのスイッチング素子12eをオン制御する。このように制御することにより、それまでのオンオフ制御モードが、両フィルタコンデンサ11a、11bを充電する、電流低減オンオフ制御モードである充電オンオフ制御モードに切り換わって過電流状態から電流が低減していくと同時に、電流はスイッチング素子12d、12eとダイオード13d、13eとに分流するので、通電ダイオードの電流は一層減衰する。その後、電流がダイオードの劣化や、破壊に影響しない程度まで低下した時点でオンしているスイッチング素子をオフすることで電流を遮断することができる。

[0028] 以上のように、この発明の実施の形態2では、電力変換装置としての単相3レベルコンバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、正極側フィルタコンデンサおよび負極側フィルタコンデンサを充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れるが大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。特に、両フィルタコンデンサを充電する動作となるので、電流の減衰が速くなるという利点がある。

[0029] なお、本実施の形態では電力変換装置として単相交流を直流に変換する単相3レベルコンバータの例を示したが、3相交流を直流に変換する場合や、

直流を单相または3相交流に変換する3レベルインバータとして用いる場合にも適用できる。

[0030] 実施の形態3.

図5に、本発明の実施の形態3による電力変換装置の回路図を示す。本実施の形態も先の実施の形態2と同様、3レベル電力変換装置の場合である。3レベル電力変換装置では正極、負極と中間電極を有するため、実施の形態2のように、電流低減オンオフ制御モードとして、電流を正極、負極間に直列接続された正極側および負極側フィルタコンデンサの両方を充電する方向に電流を流し、電流を減衰させることもできるが、片側のコンデンサを充電する方向に電流を流して電流を減衰させることもできる。本実施の形態ではそのような制御方法に関するものである。

[0031] 図5(a)、(b)は、片側のフィルタコンデンサを充電する方向に電流を流すように制御する例で、図5(a)は、正極側フィルタコンデンサ11aを、図5(b)は、負極側フィルタコンデンサ11bを充電する方向に電流が流れるよう制御している。ここでも、実施の形態2の場合と同様、図4(a)の状態での過電流を想定しており、その状態から、保護動作した後の制御方法、すなわち、電流低減オンオフモードとしての充電オンオフ制御モードを示している。

[0032] 先ず、正極側フィルタコンデンサ11aを充電する方向に電流を流すには、電流が電力変換装置内の直列接続点から单相交流電源側に流れ出す相については、上アーム、下アームのスイッチング素子をオフ、中間アームの2個のスイッチング素子をオンとし、電流が单相交流電源側から直列接続点を通じて電力変換装置内へ流れ込む相については、下アームのスイッチング素子、中間アームの2個のスイッチング素子をオフ、上アームのスイッチング素子がオン状態となるよう制御する。

[0033] 図5(a)の例では、電力変換装置内の直列接続点から单相交流電源側へ電流が流れ出る相の上アームのスイッチング素子12aをオンからオフにし、中間アームのスイッチング素子12bをオフからオンにし、下アームのス

スイッチング素子 12 d はオフ状態を、中間アームのもう一つのスイッチング素子 12 c はオン状態を保つ。単相交流電源側から直列接続点を通じて電力変換装置内へ電流が流れ込む相の中間アームの 2 個のスイッチング素子 12 f、12 g をオンからオフにし、上アームのスイッチング素子 12 e をオフからオンにし、下アームのスイッチング素子 12 h はオフ状態を保つ。

[0034] 負極側のフィルタコンデンサ 11 b を充電する方向に電流を流すには、電流が電力変換装置内の直列接続点から単相交流電源側に流れ出す相については、上アーム、中間アームの 2 個のスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオンとし、電流が単相交流電源側から直列接続点を通じて電力変換装置内へ流れ込む相については、上アーム、下アームのスイッチング素子をオフ、中間アームの 2 個のスイッチング素子をオン状態となるよう制御する。

[0035] 図 5 (b) の例では、電力変換装置内の直列接続点から単相交流電源側へ電流が流れ出る相の上アームのスイッチング素子 12 a、中間アームのスイッチング素子 12 c をオンからオフ、下アームのスイッチング素子 12 d をオフからオン、中間アームのスイッチング素子 12 b はオフ状態を保つ。単相交流電源側から直列接続点を通じて電力変換装置内へ電流が流れ込む相の上アームのスイッチング素子 12 e、下アームのスイッチング素子 12 h はオフ状態を、中間アームの 2 個のスイッチング素子 12 f、12 g はオン状態を保つ。

[0036] 本実施の形態では、実施の形態 2 に比べ、充電オンオフ制御モードが、正極側フィルタコンデンサ 11 a または負極側フィルタコンデンサ 11 b のいずれか一方のみを充電するものであるため、電流の減衰は遅くなるが、本実施の形態でもダイオードのみに電流が流れることはなく、スイッチング素子とダイオードとに分流して流れるため、通電ダイオードの劣化や破壊から保護することができる。特に、ダイオードにスイッチング素子のボディダイオードを用いる場合、ボディダイオードは過電流耐量が低いため、その効果は大きくなる。

[0037] なお、本実施の形態における充電オンオフ制御モードとして、正極側フィルタコンデンサ11aまたは負極側フィルタコンデンサ11bのいずれを充電対象に選択するかの判定方式としては、以下の方法が考えられる。

例えば、過電流検知部が過電流を検知したときの正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bとの電圧を比較するコンデンサ電圧比較部を備え、正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bとのいずれか、コンデンサ電圧比較部で比較した電圧が低い方のコンデンサを選択して充電動作を行う方式が考えられる。この場合、この充電動作により、両コンデンサの電圧がバランスする方向への動作になるという利点がある。

[0038] また、他の方式として、過電流検知部が過電流を検知したときの正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bとの放電動作を、スイッチング素子のオンオフ状態、および、過電流が流れている向き等から検出するコンデンサ放電検出部を備え、コンデンサ放電検出部で正極側フィルタコンデンサ11aと負極側フィルタコンデンサ11bとのいずれか一方の放電が検出されたときは、当該放電が検出された一方のコンデンサを選択して充電動作を行う方式が考えられる。

なお、両コンデンサの電圧が同程度の場合や、両コンデンサの放電が検出されたときは、先の実施の形態2の場合と同様、両コンデンサを充電するようにして電流低減を速めるようにしてもよく、また、片側のコンデンサの電圧が高く、両コンデンサを充電すると電圧が高くなり過ぎるときは電圧の低いコンデンサのみを充電するようにしてもよい。

[0039] 以上のように、この発明の実施の形態3では、電力変換装置としての単相3レベルコンバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、正極側フィルタコンデンサまたは負極側フィルタコンデンサのいずれか一方を充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたス

スイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れるが大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。

[0040] 実施の形態4.

図6に、本発明の実施の形態4による電力変換装置の回路図を示す。本実施の形態も正極、負極と中間電極を有する3レベル電力変換装置であるが、回路構成が先の実施の形態2、3とは異なる場合を示している。正極と負極との間には各相、正極側から順に、第1のスイッチング素子17a、17e、第2のスイッチング素子17b、17f、第3のスイッチング素子17c、17g、第4のスイッチング素子17d、17hが4直列に接続され、第2と第3のスイッチング素子の接続点が単相交流電源10に接続されている。

第1～第4のスイッチング素子17a～17hは、MOSFET等、順方向および逆方向にスイッチング可能な素子を用いて構成される。

[0041] また、第1～第4のスイッチング素子17a～17hには並列にダイオード18a～18hが接続される。また、正極側および負極側フィルタコンデンサ11aと11bとの接続点と第1と第2のスイッチング素子との接続点、第3と第4のスイッチング素子との接続点との間にはクランプダイオード19a～19dが接続されている。

第1と第2のスイッチング素子17a、17b、17e、17fとダイオード18a、18b、18e、18fとクランプダイオード19a、19cとが各相の上アームを形成し、第3と第4のスイッチング素子17c、17d、17g、17hとダイオード18c、18d、18g、18hとクランプダイオード19b、19dとが各相の下アームを形成する。

[0042] このような3レベル電力変換装置を用いる場合、実施の形態2、3に比べ、クランプダイオード19a～19dを備える分、素子数が増えるが、正負極間に素子が4直列で接続されるため、各スイッチング素子に印加される電圧が低くなり、定格電圧の低い素子を用いることができる利点がある。

- [0043] このような3レベル電力変換装置においても、正常状態においてはダイオードの順方向に電流が流れる場合にダイオードと並列に接続されたスイッチング素子をオンする同期整流方式を用いることにより、ダイオードに流れる電流をスイッチング素子に分流させることができ、ダイオードを小容量化することが可能で、場合によっては、スイッチング素子のボディダイオードをダイオードとして用いることもできる。
- [0044] 図7を用いて、過電流発生時の動作について説明する。図7(a)は、過電流が流れる場合を想定しており、スイッチング素子17a、17bを通して電力変換装置200側から単相交流電源10側へ、スイッチング素子17g、クランプダイオード19dを通して単相交流電源10側から電力変換装置200側へ流れている。過電流が流れると、電流検出器16a、16bからの検出信号を受けて、制御回路21は、その過電流検知部により過電流を検知すると、電流低減オンオフ制御モードに切り換えるため、その電流方向検知部により検知した、電流が流れている向きから、どのスイッチング素子をオンし、どのスイッチング素子をオフするかを判断する。
- [0045] スwitching素子が直列に接続されている点が先の実施の形態2の場合と異なるが、本実施の形態でも電力変換装置200側から単相交流電源10側へ電流が流れ出る相については、上アームのスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオン制御する。単相交流電源10側から電力変換装置200内へ電流が流れ込む相については、下アームのスイッチング素子をオフ、上アームのスイッチング素子をオン制御する。
- [0046] 図7(b)は、過電流保護動作後を示しており、この例では、過電流検知時(図7(a))において、電流が電力変換装置200から単相交流電源10側に流れ出る相の上アームのスイッチング素子である17a、17bをオフし、下アームのスイッチング素子である17c、17dをオン制御する。電流が単相交流電源10側から電力変換装置200内へ流れ込む相については、下アームのスイッチング素子17gをオフし、17hについてはオフ状態を保ち、上アームのスイッチング素子である17eをオン、17fについ

てはオン状態を保つ。これにより、電流はスイッチング素子17c、17d、17e、17fとダイオード18c、18d、18e、18fとを通して流れつつ、減衰する。

その後、電流がダイオードの劣化や、破壊に影響しない程度まで低下した時点でオンしているスイッチング素子をオフすることで電流を遮断することができる。

[0047] 以上のように、この発明の実施の形態4では、電力変換装置としての単相3レベルコンバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、正極側フィルタコンデンサおよび負極側フィルタコンデンサを充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れる電流が大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。特に、両フィルタコンデンサを充電する動作となるので、電流の減衰が速くなるという利点がある。

[0048] なお、本実施の形態では電力変換装置として単相3レベルコンバータの例を示したが、3相の場合や、インバータとして用いる場合にも適用できる。

[0049] 実施の形態5.

図8に、本発明の実施の形態5による電力変換装置の回路図を示す。本実施の形態は先の実施の形態4と同様の回路構成の3レベル電力変換装置において、実施の形態3に示したように、正極側、負極側のフィルタコンデンサの片側を充電する方向に電流が流れるように制御する場合に関する。

[0050] 図8(a)は、図7(a)の過電流状態から正極側フィルタコンデンサ11aを充電する方向に、図8(b)は、負極側フィルタコンデンサ11bを充電する方向に電流が流れるように制御した場合を示している。正極側フィルタコンデンサ11aを充電する方向に電流を流す場合には、電力変換装置200側から単相交流電源10側へ電流が流れ出る相については、第1、第

3、第4のスイッチング素子をオフし、第2のスイッチング素子をオン、単相交流電源10側から電力変換装置200内へ電流が流れ込む相については、第3、第4のスイッチング素子をオフし、第1、第2のスイッチング素子をオンする。

[0051] 負極側フィルタコンデンサ11bを充電する方向に電流を流す場合には、電力変換装置200側から単相交流電源10側へ電流が流れ出る相については、第1、第2のスイッチング素子をオフし、第3、第4のスイッチング素子をオン、単相交流電源10側から電力変換装置200内へ電流が流れ込む相については、第1、第2、第4のスイッチング素子をオフし、第3のスイッチング素子をオンする。

[0052] 具体的に、正極側フィルタコンデンサ11aを充電する方向に制御する図8(a)の場合では、電力変換装置200側から単相交流電源10側へ電流が流れ出る相の第1のスイッチング素子17aをオンからオフ、第3、第4のスイッチング素子17c、17dはオフ状態を保ち、第2のスイッチング素子17bはオン状態を保つ。単相交流電源10側から電力変換装置200内へ電流が流れ込む相の第3のスイッチング素子17gをオンからオフ、第1のスイッチング素子17eをオフからオン、第2のスイッチング素子17fはオン状態を保ち、第4のスイッチング素子17hはオフ状態を保つ。

[0053] また、負極側フィルタコンデンサ11bを充電する方向に制御する図8(b)の場合では、電力変換装置200側から単相交流電源10側へ電流が流れ出る相の第1、第2のスイッチング素子17a、17bをオンからオフ、第3、第4のスイッチング素子17c、17dをオフからオンする。単相交流電源10側から電力変換装置200内へ電流が流れ込む相の第2のスイッチング素子17fをオンからオフし、第1、第4のスイッチング素子17e、17hはオフ状態を保ち、第3のスイッチング素子17gはオン状態を保つ。

[0054] 本実施の形態では、実施の形態4に比べ、電流の減衰は遅くなるが、本実施の形態でもダイオードのみに電流が流れることはなく、スイッチング素子

とダイオードとに分流して流れるため、通電ダイオードの劣化や破壊から保護することができる。特に、ダイオードにスイッチング素子のボディダイオードを用いる場合、ボディダイオードは過電流耐量が低いため、その効果は大きくなる。

[0055] なお、本実施の形態における充電オンオフ制御モードとして、正極側フィルタコンデンサ 11 a または負極側フィルタコンデンサ 11 b のいずれを充電対象に選択するかの判定方式としては、先の実施の形態 3 で説明したと同様の方式を採用すればよい。

[0056] 以上のように、この発明の実施の形態 5 では、電力変換装置としての単相 3 レベルコンバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、正極側フィルタコンデンサまたは負極側フィルタコンデンサのいずれか一方を充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れるが大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。

[0057] 実施の形態 6.

図 9 に、本発明の実施の形態 6 による電力変換装置の回路図を示す。図 9 は、先の実施の形態 1 において示した電力変換装置と同じ、2 レベル電力変換装置の場合であるが、実施の形態 1 とは制御方法が異なる場合を示している。すなわち、実施の形態 1 では、過電流を検知して切り換える電流低減オンオフ制御モードとして充電オンオフ制御モードを採用し、制御回路 6 が、電流の流れる方向を検出し、スイッチング素子の制御をしていたが、電流の流れる方向を検出し、どの素子をスイッチングさせるかを判断する必要があるため、保護動作まで時間を要する場合がある。

これに対し、本実施の形態は、電流低減オンオフ制御モードとして、通電路にフィルタコンデンサ 3 が含まれない還流オンオフ制御モードを採用する

もので、切り換えに伴う演算時間を短縮し、保護動作までの時間を速くするための方式である。

[0058] 図9は、実施の形態1で示したと同じ図2(a)で示した過電流発生状態から、保護動作を行った後の電流経路を示している。本方式では、過電流を検知した場合に、上アームの全スイッチング素子をオフ制御し、下アームの全スイッチング素子をオン制御する。図9の例では、図2(a)でスイッチング素子4aを通して過電流が流れていた状態から、過電流が流れているスイッチング素子4aをオフし、下アームのスイッチング素子である4dをオン、その他の相については下アームのスイッチング素子4e、4fがオンした状態であるので、その状態を保つ。電流は、スイッチング素子4d、ダイオード5d、スイッチング素子4e、4fを通して還流する。この制御により、電流を抑えつつ、ダイオード5dにのみ電流が流れることなく、スイッチング素子4dとダイオード5dに分流して流れるため、ダイオードの劣化や破壊から防ぐことができる。また、本方式では、過電流か否かのみの判断で良く、電流の向きからどのスイッチング素子をオン、オフ制御するかを判断する必要がないため、切り換えに係る演算時間を短縮し、保護動作までの時間を短縮することができる。

[0059] また、還流オンオフ制御モードとして、図9では上アームの全スイッチング素子をオフ制御し、下アームの全スイッチング素子をオン制御した例を示したが、下アームの全スイッチング素子をオフ制御し、上アームの全スイッチング素子をオン制御してもよい。下アームの全スイッチング素子をオンするか、上アームの全スイッチング素子をオンするかについては、例えば、過電流を検知した相の上アームのスイッチング素子がオン状態の場合(図2(a)の場合が相当する)には下アームの全スイッチング素子をオン、過電流を検知した相の下アームのスイッチング素子がオン状態の場合には上アームの全スイッチング素子をオンする制御をしてもよい。

[0060] また、本方式では電流は還流し続けるため、実施の形態1~5に比べ、電流の減衰は遅い。そのため、一旦、本保護方式で電流を還流させる還流オン

オフ制御モードに切り換え、それから電流の向きを検出し、電流の減衰を早くする充電オンオフ制御モードを行っても良い。すなわち、図2(b)に示したように、電流が電力変換装置100側から交流側のモータ2へ流れ出る相の上アームのスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオン、交流側のモータ2から電力変換装置100内へ流れ込む相の下アームのスイッチング素子をオフ、上アームのスイッチング素子をオンする。このような制御を行うことにより、電流の減衰を早くし、素子をより確実に過電流から保護することができる。

[0061] 以上のように、この発明の実施の形態6では、電力変換装置としての3相2レベルインバータにおいて、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、通電路にフィルタコンデンサが含まれない還流オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れる電流が低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。

[0062] なお、この例では電力変換装置として直流を交流に変換するインバータの例を示したが、上アームと下アームにスイッチング素子とスイッチング素子と並列にダイオードを備えていれば、交流を直流に変換するコンバータであっても良い。

[0063] 実施の形態7.

図10に、本発明の実施の形態7による電力変換装置の回路図を示す。先の実施の形態2や4で示した3レベル電力変換装置においても、実施の形態6と同様の制御方法が適用可能である。すなわち、本実施の形態は、先の実施の形態2、3と同様の回路構成の3レベル電力変換装置において、実施の形態6に示したように、電流低減オンオフ制御モードとして還流オンオフ制御モードに切り換える場合に関する。

図10に示す3レベル電力変換装置に用いる場合には、正極、負極、中間

電極を有するため、上アームのスイッチング素子をオンして、還流させる方法と、下アームのスイッチング素子をオンして還流させる方法に加え、中間アームのスイッチング素子をオンして還流させる方法がある。

[0064] 実施の形態2の図4(a)に示す過電流発生状態から上アームをオンして還流オンオフ制御モードに切り換える場合、図10に示すように、中間アームのスイッチング素子12b、12c、12f、12g、下アームのスイッチング素子12d、12hをオフ、上アームのスイッチング素子12a、12eをオン制御する。下アームをオンして還流させる場合は、中間アームのスイッチング素子12b、12c、12f、12g、上アームのスイッチング素子12a、12eをオフ、下アームのスイッチング素子12d、12hをオン制御する。

また、中間アームのスイッチング素子を通して還流する場合は、図11に示すように、上アームのスイッチング素子12a、12e、下アームのスイッチング素子12d、12hをオフ、中間アームのスイッチング素子12b、12c、12f、12gをオン制御する。

このような制御により、図10に示したような3レベル電力変換装置でも過電流がダイオードのみに流れ続けることは無く、ダイオードの劣化や破壊から防ぐことができる。

なお、3レベル電力変換装置においても、一旦本方式で還流させた後、電流の方向を検出し、電流の減衰が速くなるような制御を行っても良い。

[0065] 実施の形態8.

図12に、本発明の実施の形態8による電力変換装置の回路図を示す。本実施の形態は、先の実施の形態4の図6と同様の回路構成の3レベル電力変換装置において、実施の形態6に示したように、電流低減オンオフ制御モードとして還流オンオフ制御モードに切り換える場合に関する。

実施の形態4の図7(a)に示す過電流発生状態から上アームをオンして還流オンオフ制御モードに切り換える場合、図12に示すように、下アームのスイッチング素子17c、17d、17g、17hをオフ、上アームのス

スイッチング素子 17 a、17 b、17 e、17 f をオン制御する。下アームをオンして還流させる場合は、上アームのスイッチング素子 17 a、17 b、17 e、17 f をオフ、下アームのスイッチング素子 17 c、17 d、17 g、17 h をオン制御する。クランプダイオードを通して還流する場合は、図 13 に示すように、正極に接続されたスイッチング素子 17 a、17 e、負極に接続されたスイッチング素子 17 d、17 h をオフ、スイッチング素子 17 b、17 c、17 f、17 g をオン制御する。

[0066] このような制御により、図 12 に示したような 3 レベル電力変換装置でも過電流がダイオードにのみに流れ続けることは無く、ダイオードの劣化や破壊から防ぐことができる。なお、3 レベル電力変換装置においても、一旦本方式で還流させた後、電流の方向を検出し、電流の減衰が速くなるような制御を行っても良い。

[0067] 実施の形態 9.

図 14 に、本発明の実施の形態 9 による電力変換装置の回路図を示す。先の実施の形態例は、いずれも直流と交流との間の変換を行う電力変換装置であったが、この実施の形態は、直流と直流との間の変換を行う電力変換装置の例として、高電圧側の直流電源 30 の電圧を低電圧に降圧して負荷 31 に供給するチョッパ装置 300 を示す。

高電圧側の第 1 の入出力端 301 および低電圧側の第 2 の入出力端 302 には、それぞれ第 1 および第 2 のコンデンサ 32、33 が備えられている。高圧側の正極と負極間にはスイッチング素子 34 a、34 b が互いに直列に接続されている。スイッチング素子 34 a、34 b は、MOSFET 等、順方向および逆方向にスイッチング可能な素子を用いて構成される。スイッチング素子 34 a、34 b には、並列にダイオード 35 a、35 b が接続され、正極側に取り付けられたスイッチング素子 34 a とダイオード 35 a とで上アームを構成し、負極側に取り付けられたスイッチング素子 34 b とダイオード 35 b とで下アームを構成する。

[0068] 上アームのスイッチング素子 34 a と下アームのスイッチング素子 34 b

との直列接続点は出力点となっており、リアクトル36を介して負荷31に接続されている。制御回路37は、スイッチング素子34a、34bをオン、オフする制御信号を駆動回路38a、38bに出力し、駆動回路38a、38bは、制御信号にもとづき、スイッチング素子34a、34bを駆動する。リアクトル36を流れる電流は電流検出器39により検出され、制御回路37は、電流検出器39の検出信号を受け、過電流が流れているか否か、すなわち、電流検出値が予め設定された所定の過電流設定値を越えることを判断する過電流検知部および電流検出器39からの検出電流の電流方向を検知する電流方向検知部を備えている。

[0069] 図14に示したチョッパ装置300では、上アームのスイッチング素子34aのオン、オフ動作および下アームのスイッチング素子のオン、オフ動作により、直流電源30から負荷31への電力供給および負荷31からの電力回生を行う。このようなチョッパ装置においても正常状態においてはダイオードの順方向に電流が流れる場合にダイオードと並列に接続されたスイッチング素子をオンする同期整流方式を用いることにより、ダイオードに流れる電流をスイッチング素子と分流することができ、ダイオードを小容量化することが可能で、場合によっては、スイッチング素子のボディダイオードを用いることもできる。

[0070] 次に、図15を用いて過電流発生時の動作について説明する。図15(a)は、過電流が流れている状態を示しており、スイッチング素子34aがオン状態で、スイッチング素子34aの順方向に電流が流れている場合を想定している。過電流が流れると電流検出器39からの検出信号を受けて、制御回路37は過電流を検知し、電流が流れている向きから、どのスイッチング素子をオンし、どのスイッチング素子をオフするかを判断する。

すなわち、電流が電力変換装置であるチョッパ装置300内の上下アームの直列接続点から負荷31側へ流れ出す場合は上アームのスイッチング素子をオフ、下アームのスイッチング素子をオン、負荷31側から直列接続点を通してチョッパ装置300側へ流れ込む場合は下アームのスイッチング素子

をオフ、上アームのスイッチング素子をオンする。図15(b)、は過電流保護動作後を示しており、この例では上アームのスイッチング素子34aをオフし、下アームのスイッチング素子34bをオンする。このように制御することにより、電流はダイオードとスイッチング素子に分流して流れつつ、第2のコンデンサ33を充電する回路動作となり、電流は減衰する。

[0071] すなわち、制御回路37は、その過電流検知部が過電流の発生を検知すると、各スイッチング素子のオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードに切り換える。ここでは、この電流低減オンオフ制御モードは、第2のコンデンサ33を充電する、充電オンオフ制御モードになっており、同制御モードにおいてオン動作させるスイッチング素子34bは、並列接続されたダイオード35bと分流して、当該ダイオードに流れる電流を一層軽減させる役割を担っている。

その後、電流がダイオードの劣化や、破壊に影響しない程度まで低下し、予め設定した所定の下限值以下になった後、オンしているスイッチング素子をオフすることで電流を遮断することができる。

[0072] 以上のように、この発明の実施の形態9では、電力変換装置としてのチョップ装置において、過電流を検知すると、スイッチング素子のそれまでのオンオフ制御モードを、それまでに流れていた電流が低減する電流低減オンオフ制御モードである、コンデンサを充電する充電オンオフ制御モードに切り換え、これにより、同時に通電するダイオードはそれに並列に接続されたスイッチング素子がオンされ当該スイッチング素子にも分流されるので、ダイオードに流れる電流が大幅に低減し、過電流発生によるダイオードの劣化や破壊が防止され耐久性が向上する。

特に、ダイオードにスイッチング素子のボディダイオードを用いる場合、ボディダイオードは過電流耐量が低いため、その効果は大きくなる。

[0073] なお、本実施の形態では高電圧側に配置した直流電源から低電圧側に配置した負荷へ電力を供給する場合を示したが、低電圧側に配置した直流電源を昇圧して高電圧側に配置した負荷へ供給する場合にも同様に適用できる。

[0074] 実施の形態 10.

先の実施の形態 1～9 にて用いたスイッチング素子、ダイオード、クランプダイオードは珪素によって形成されたものの他、珪素に比べてバンドギャップが大きいワイドギャップ半導体によって形成しても良い。ワイドギャップ半導体としては、例えば、炭化珪素、窒化ガリウム系材料またはダイヤモンドがある。ワイドギャップ半導体を用いた場合、許容電流密度が高く、電力損失も低いため、装置の小型化が可能となる。また、スイッチング素子にワイドギャップ半導体を用いた場合、MOSFET等、双方向にスイッチング可能な素子の耐電圧が上がり、高電圧領域まで適用が可能となる。

なお、スイッチング素子、ダイオード、クランプダイオードの全てがワイドギャップ半導体で形成された場合に装置の小型化といった効果は大きいが、その一部のみがワイドギャップ半導体で形成された場合でも効果はある。

請求の範囲

[請求項1]

第1の入出力端を構成する正極および負極と、互いに直列にして前記第1の入出力端の前記正極から前記負極までの間に接続された上アームおよび下アームとを備え、前記上アームと前記下アームとの直列接続点を第2の入出力端に接続する電力変換装置であって、

前記上アームおよび前記下アームは、それぞれ順方向および逆方向にスイッチング可能なスイッチング素子と前記スイッチング素子に並列に接続されたダイオードとを有し、

前記スイッチング素子のオンオフ制御を行う制御回路、前記直列接続点と前記第2の入出力端との接続部に流れる電流を検出する電流検出器、および前記電流検出器からの電流検出値が所定の過電流設定値を越えたことを検知する過電流検知部を備え、

前記制御回路は、前記過電流検知部が過電流を検知したとき、前記スイッチング素子のオンオフ制御を、それまでに流れていた電流が低減するモードであって、当該モードが前記ダイオードのいずれかを通電させるモードである場合は、当該通電ダイオードに並列に接続されている前記スイッチング素子をオンさせる電流低減オンオフ制御モードに切り換える電力変換装置。

[請求項2]

前記正極と前記負極との間にコンデンサが接続され、前記上アームおよび前記下アームは各相毎に設けられ、直流電圧が印加される前記第1の入出力端と交流電圧が印加される前記第2の入出力端との間で直流／交流変換を行う請求項1記載の電力変換装置。

[請求項3]

前記正極と前記負極との間に第1のコンデンサが接続され、前記第2の入出力端を構成する正極および負極との間に第2のコンデンサが接続され、前記直列接続点と前記第2の入出力端の前記正極との間にリアクトルが挿入接続され、直流電圧が印加される前記第1の入出力端と直流電圧が印加される前記第2の入出力端との間で直流／直流変換を行う請求項1記載の電力変換装置。

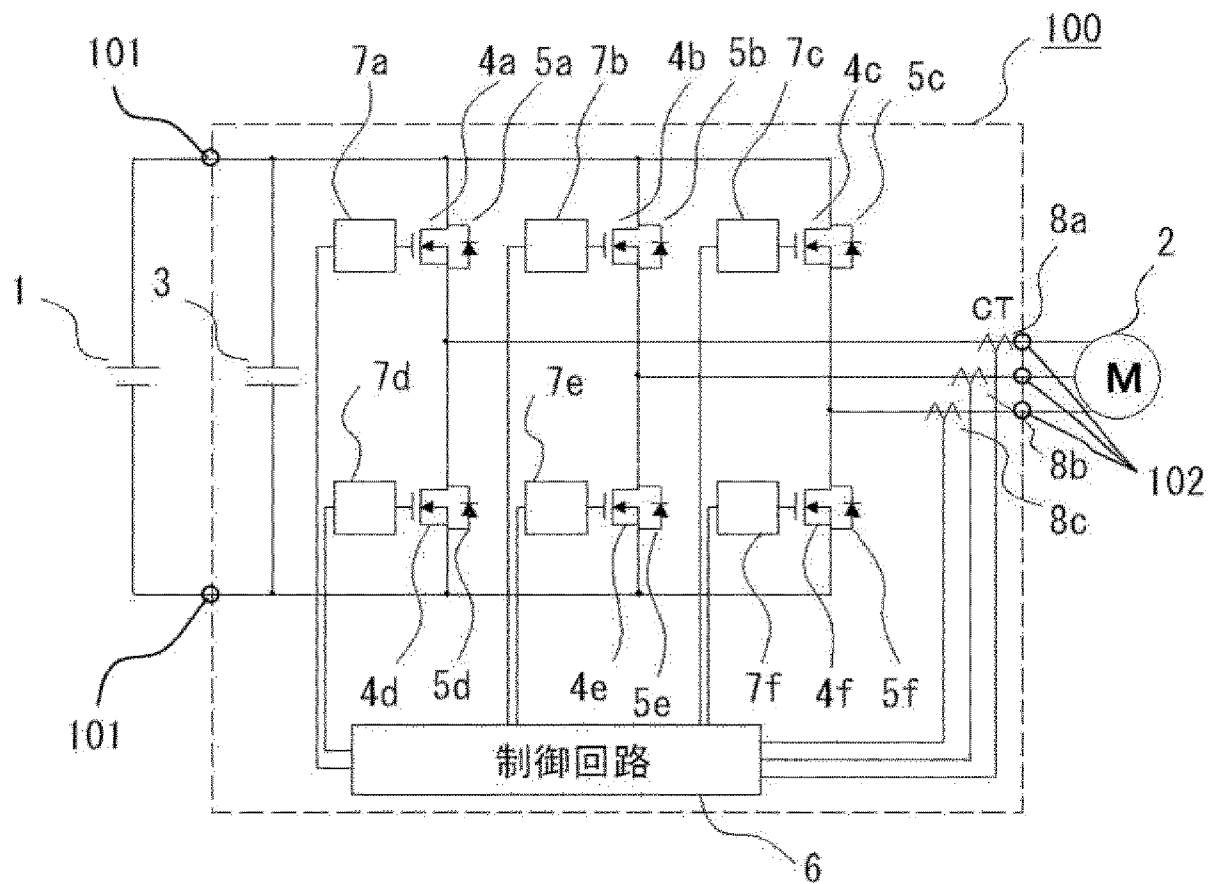
- [請求項4] 前記電流低減オンオフ制御モードは、前記コンデンサの充電動作を行う充電オンオフ制御モードである請求項2記載の電力変換装置。
- [請求項5] 前記電流低減オンオフ制御モードは、通電路に前記コンデンサが含まれない還流動作を行う還流オンオフ制御モードである請求項2記載の電力変換装置。
- [請求項6] 前記電流低減オンオフ制御モードは、一旦通電路に前記コンデンサが含まれない還流動作を行う還流オンオフ制御モードにした後、前記コンデンサの充電動作を行う充電オンオフ制御モードに移行するものである請求項2記載の電力変換装置。
- [請求項7] 前記正極および前記負極に加えて中間電極を備え、前記コンデンサとして前記正極と前記中間電極との間に接続された正極側コンデンサおよび前記中間電極と前記負極との間に接続された負極側コンデンサを備え、前記スイッチング素子と前記ダイオードとの並列体として前記上アームおよび前記下アームに加えて前記中間電極と前記各相の直列接続点との間に接続された中間アームを備え、前記第2の入出力端に3レベルの電位を出力可能とした請求項2記載の電力変換装置。
- [請求項8] 前記正極および前記負極に加えて中間電極を備え、前記コンデンサとして前記正極と前記中間電極との間に接続された正極側コンデンサおよび前記中間電極と前記負極との間に接続された負極側コンデンサを備え、前記上アームとして、それぞれ前記ダイオードが並列に接続された前記スイッチング素子であって互いに直列に接続された第1および第2のスイッチング素子を備え、前記下アームとして、それぞれ前記ダイオードが並列に接続された前記スイッチング素子であって互いに直列に接続された第3および第4のスイッチング素子を備え、前記第1および第2のスイッチング素子の接続点と前記中間電極との間、前記第3および第4のスイッチング素子の接続点と前記中間電極との間にそれぞれ挿入されたクランプダイオードを備え、前記第2の入出力端に3レベルの電位を出力可能とした請求項2記載の電力変換装置

- 。
- [請求項9] 前記電流低減オンオフ制御モードは、前記正極側コンデンサと前記負極側コンデンサとのいずれか一方の充電動作を行う充電オンオフ制御モードである請求項7または8に記載の電力変換装置。
- [請求項10] 前記電流検出器からの検出電流の電流方向を検知する電流方向検知部を備え、
前記充電オンオフ制御モードは、前記電流方向検知部で検知した電流方向が前記直列接続点から流れ出す相のそれぞれ前記上アームのスイッチング素子をオフ、前記下アームのスイッチング素子をオンとし、前記電流方向検知部で検知した電流方向が前記直列接続点に流れ込む相のそれぞれ前記下アームのスイッチング素子をオフ、前記上アームのスイッチング素子をオンとするものであり、さらに前記中間アームを備える場合には、全ての相の前記中間アームをオフとする請求項4、6、7、8のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項11] 前記還流オンオフ制御モードは、全ての相のそれぞれ前記上アームのスイッチング素子をオフ、前記下アームのスイッチング素子をオンとする、または、前記全ての相のそれぞれ前記上アームのスイッチング素子をオン、前記下アームのスイッチング素子をオフとするものであり、さらに前記中間アームを備える場合には、全ての相の前記中間アームをオフとする請求項5または6に記載の電力変換装置。
- [請求項12] 前記制御回路は、前記電流低減オンオフ制御モードに切り換えた後、前記電流検出器からの電流検出値が所定の下限值以下になったとき、前記通電ダイオードに並列に接続された前記スイッチング素子をオフする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項13] 前記制御回路は、前記電流低減オンオフ制御モードに切り換えた後、前記電流検出器からの電流検出値が所定の下限值以下になった相から順次、前記通電ダイオードに並列に接続された前記スイッチング素子をオフする請求項2、4ないし8のいずれか1項に記載の電力変換装

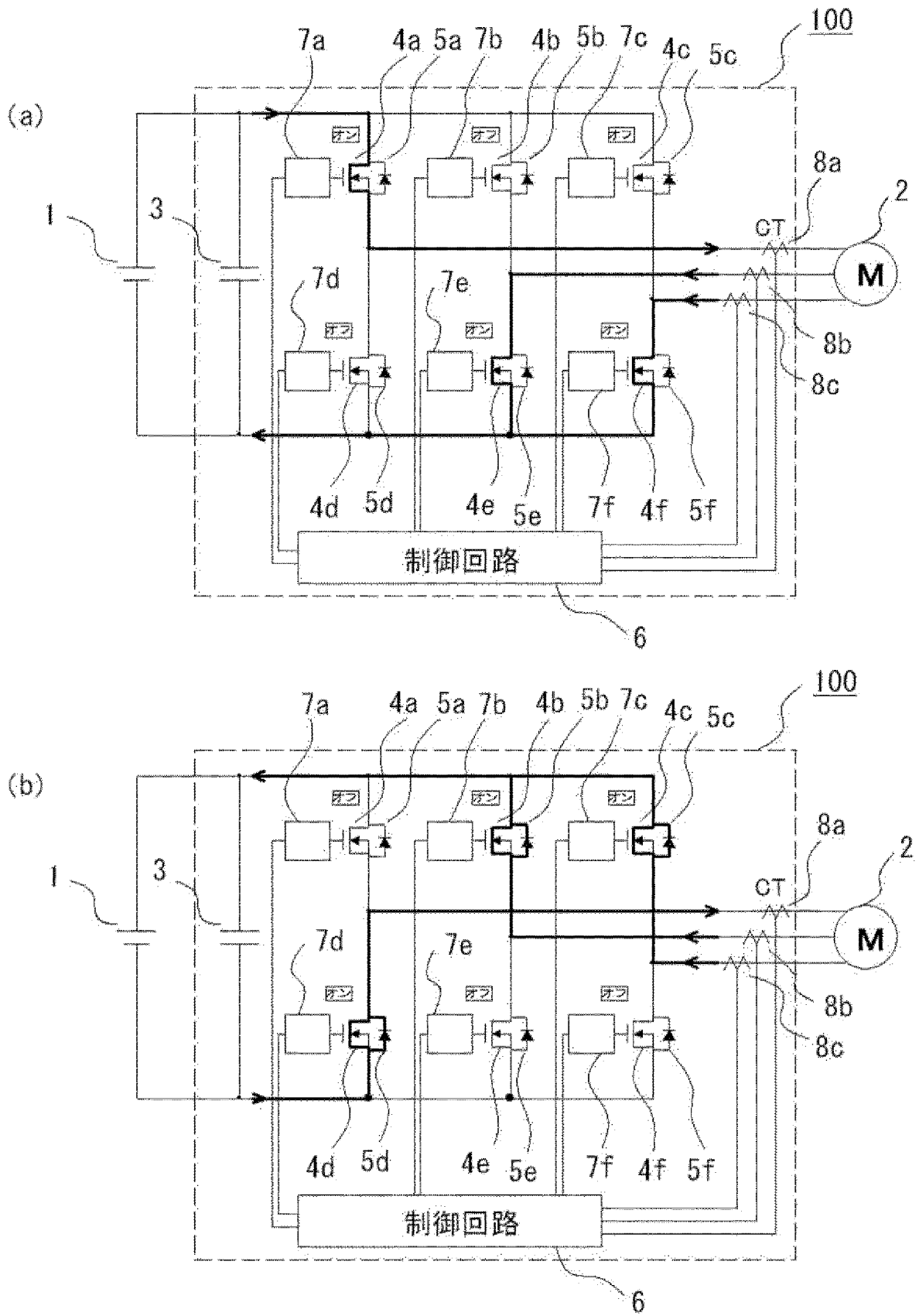
置。

- [請求項14] 前記スイッチング素子および前記ダイオードを構成する半導体素子の全部または一部が、ワイドギャップ半導体で形成されている請求項1ないし8のいずれか1項に記載の電力変換装置。
- [請求項15] 前記ワイドギャップ半導体は、炭化珪素、窒化ガリウムまたはダイヤモンドである請求項14に記載の電力変換装置。

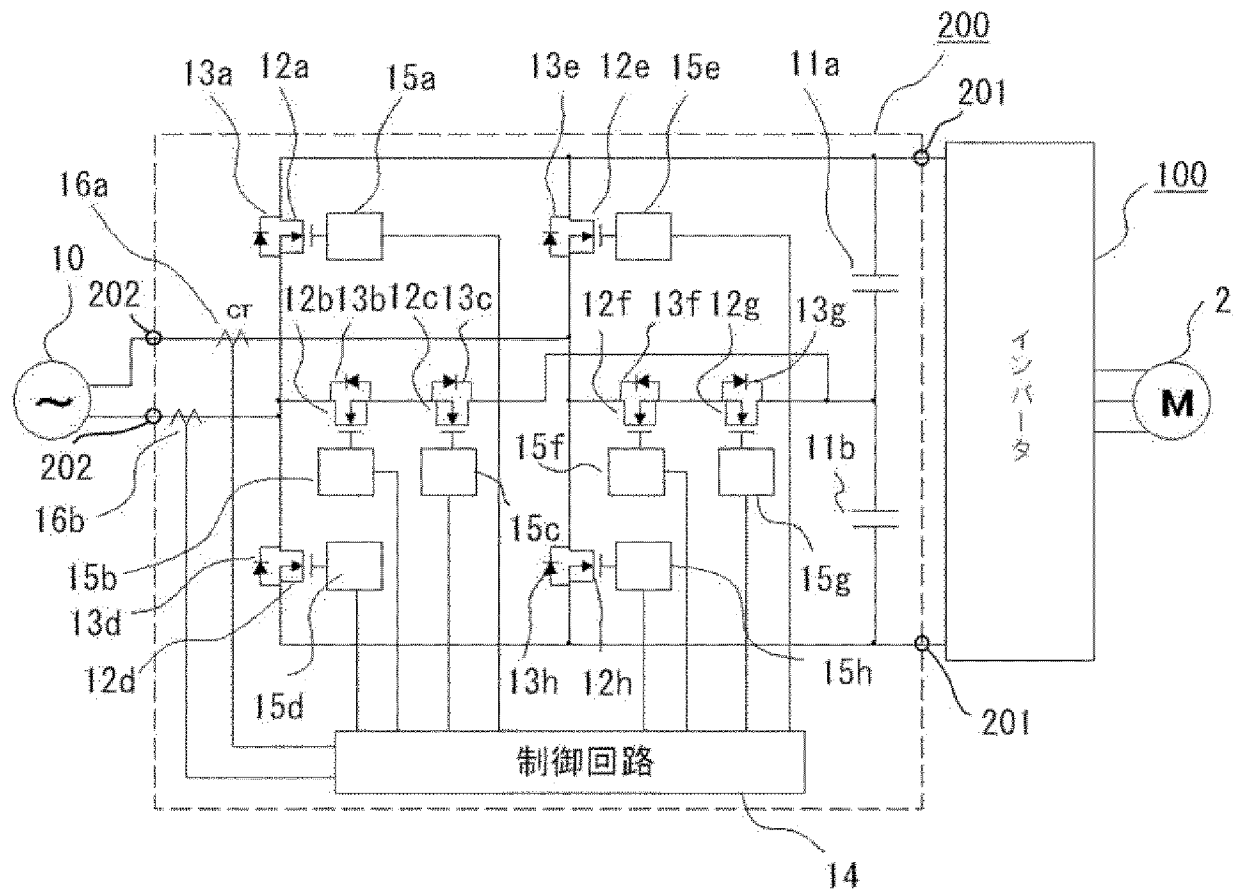
[図1]



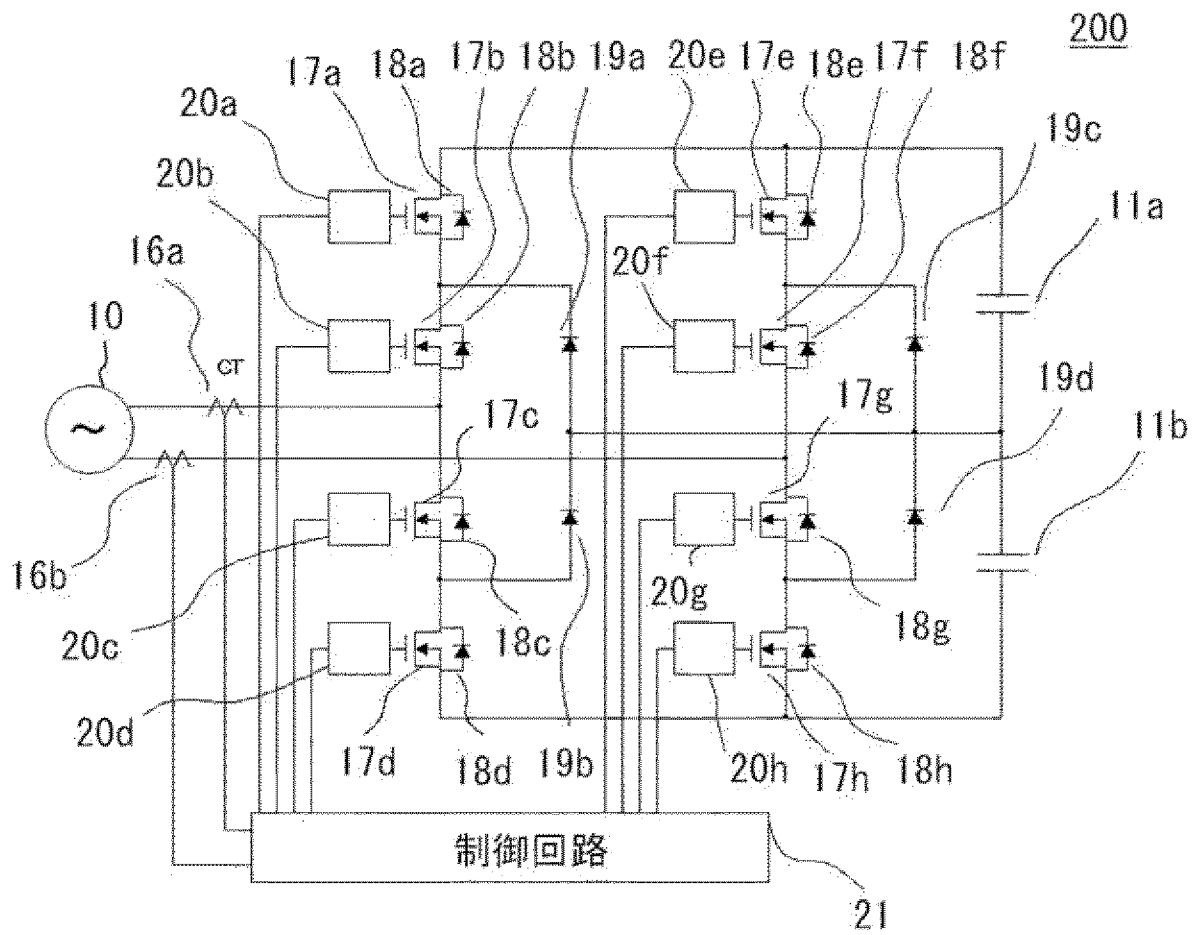
[図2]



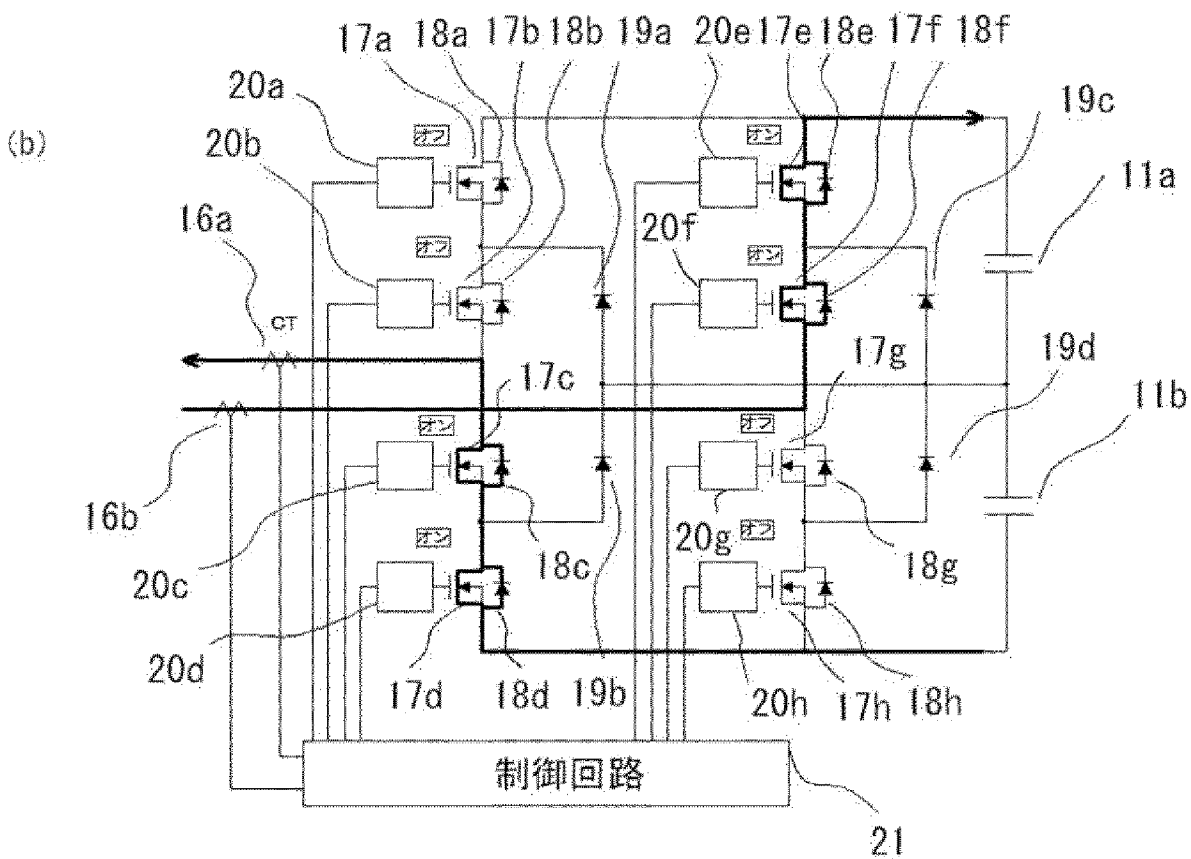
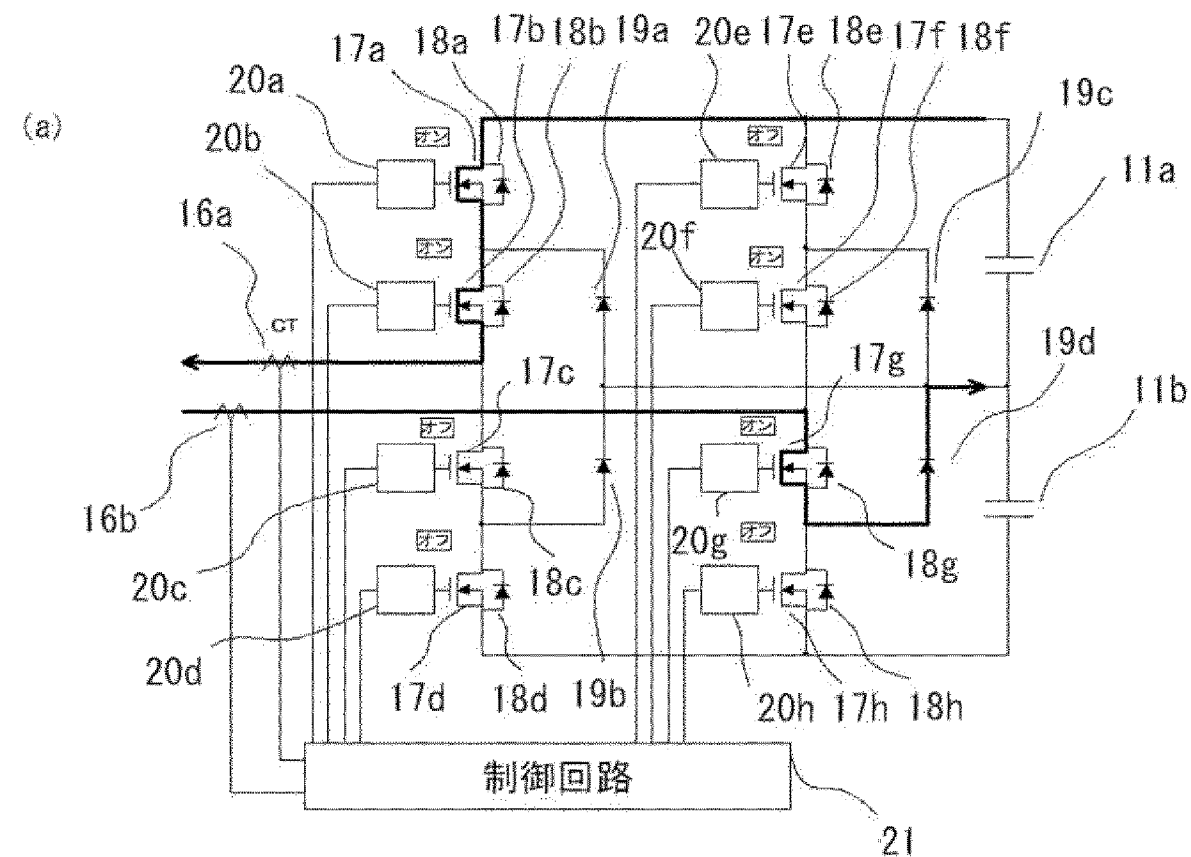
[図3]



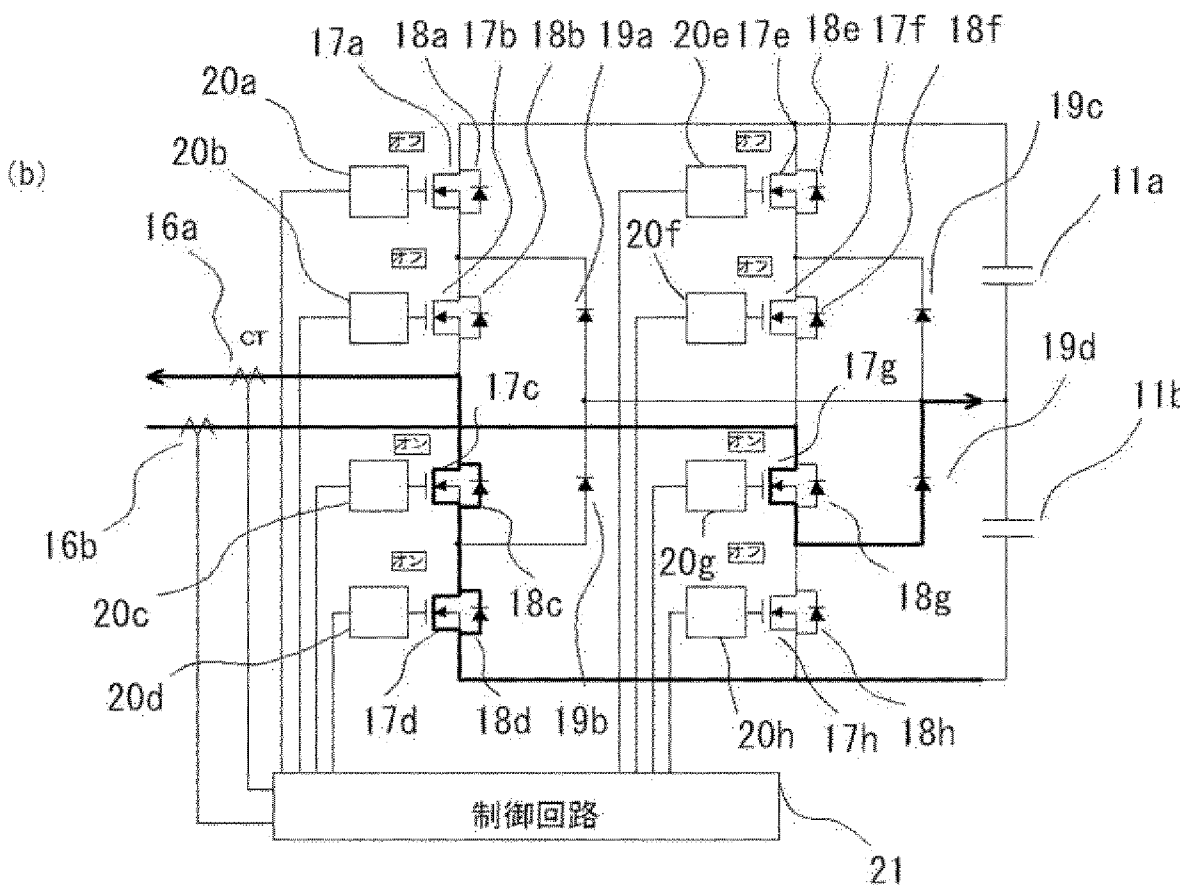
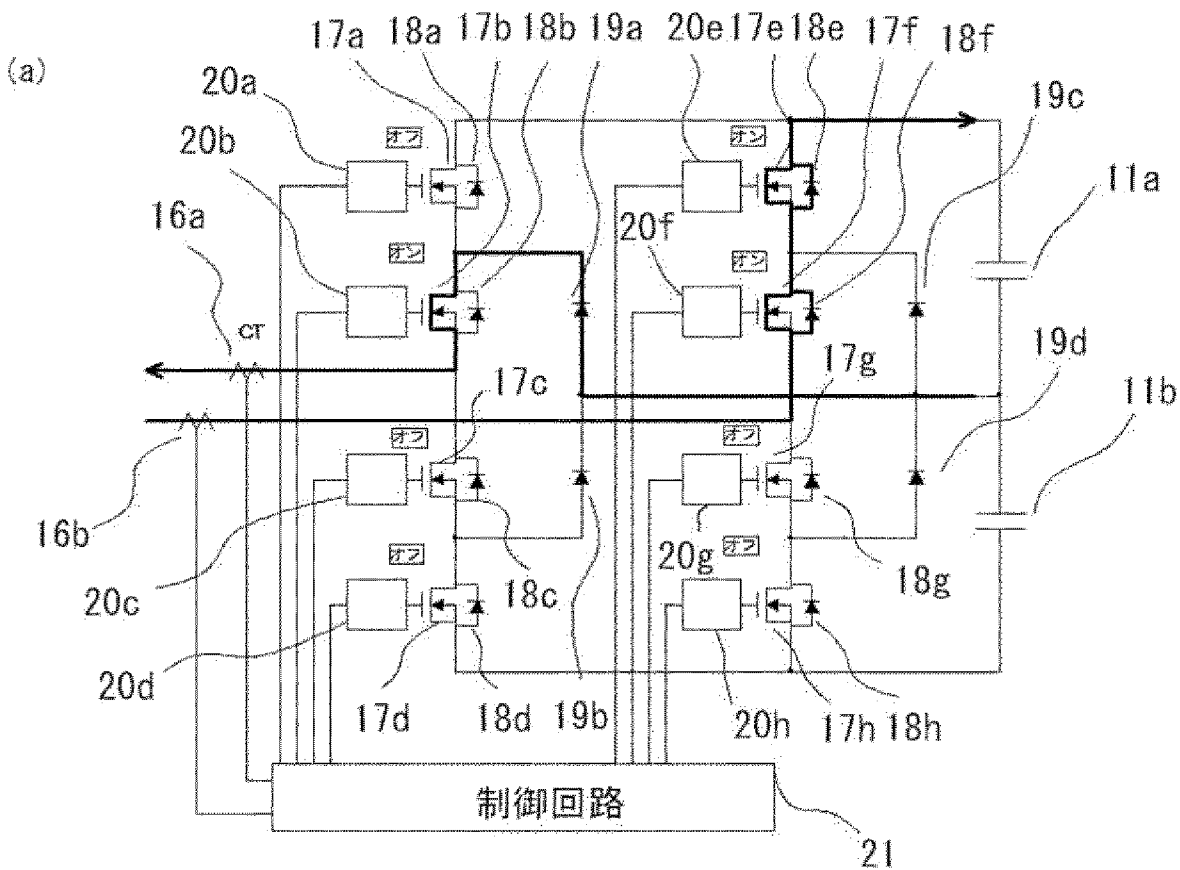
[図6]



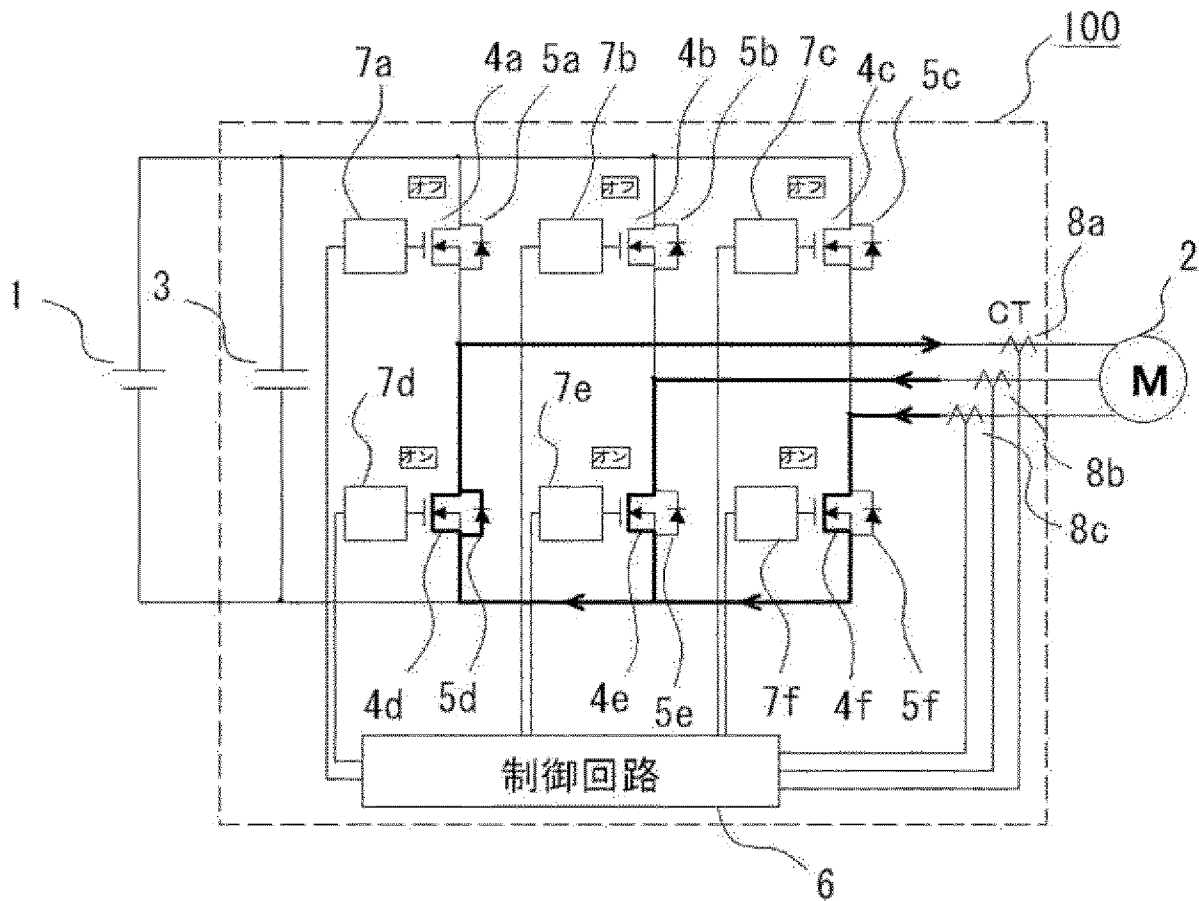
[図7]



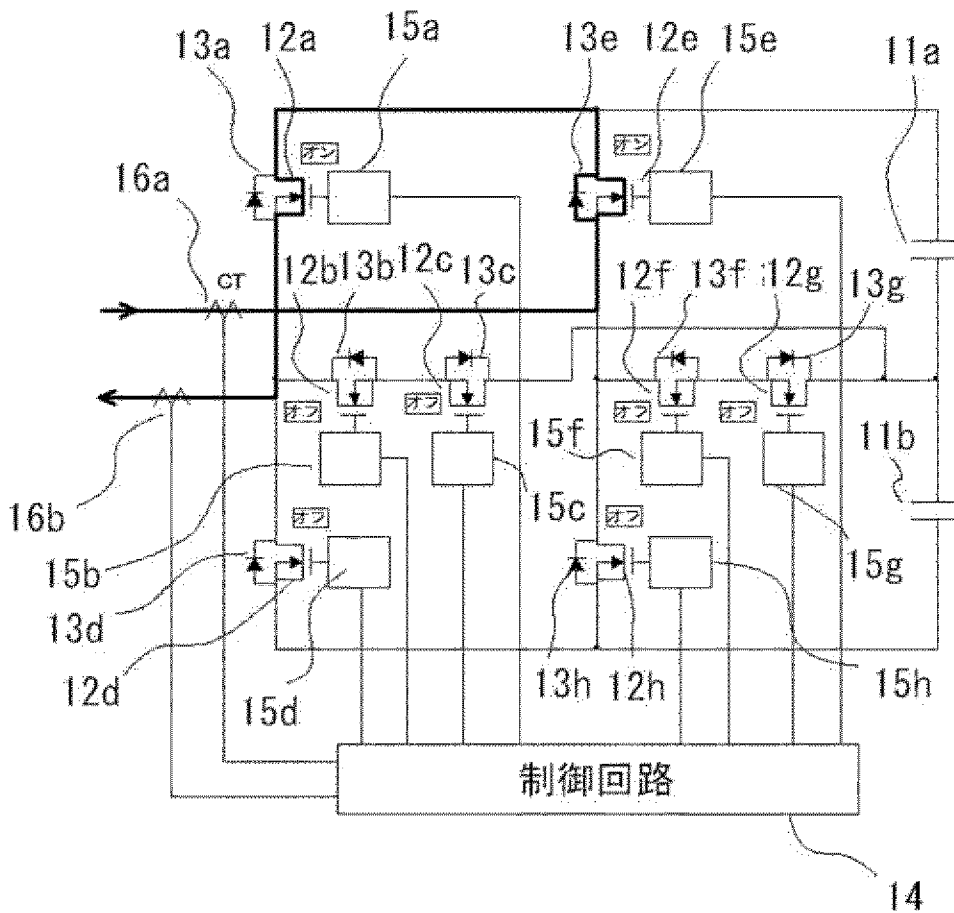
[図8]



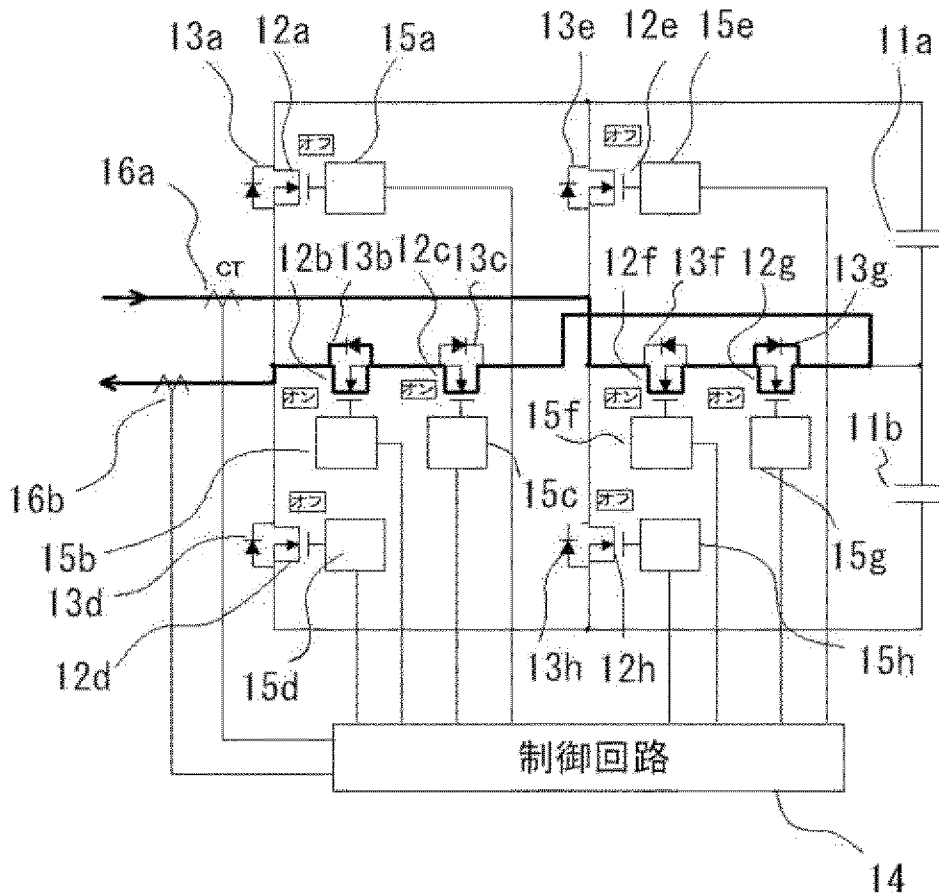
[図9]



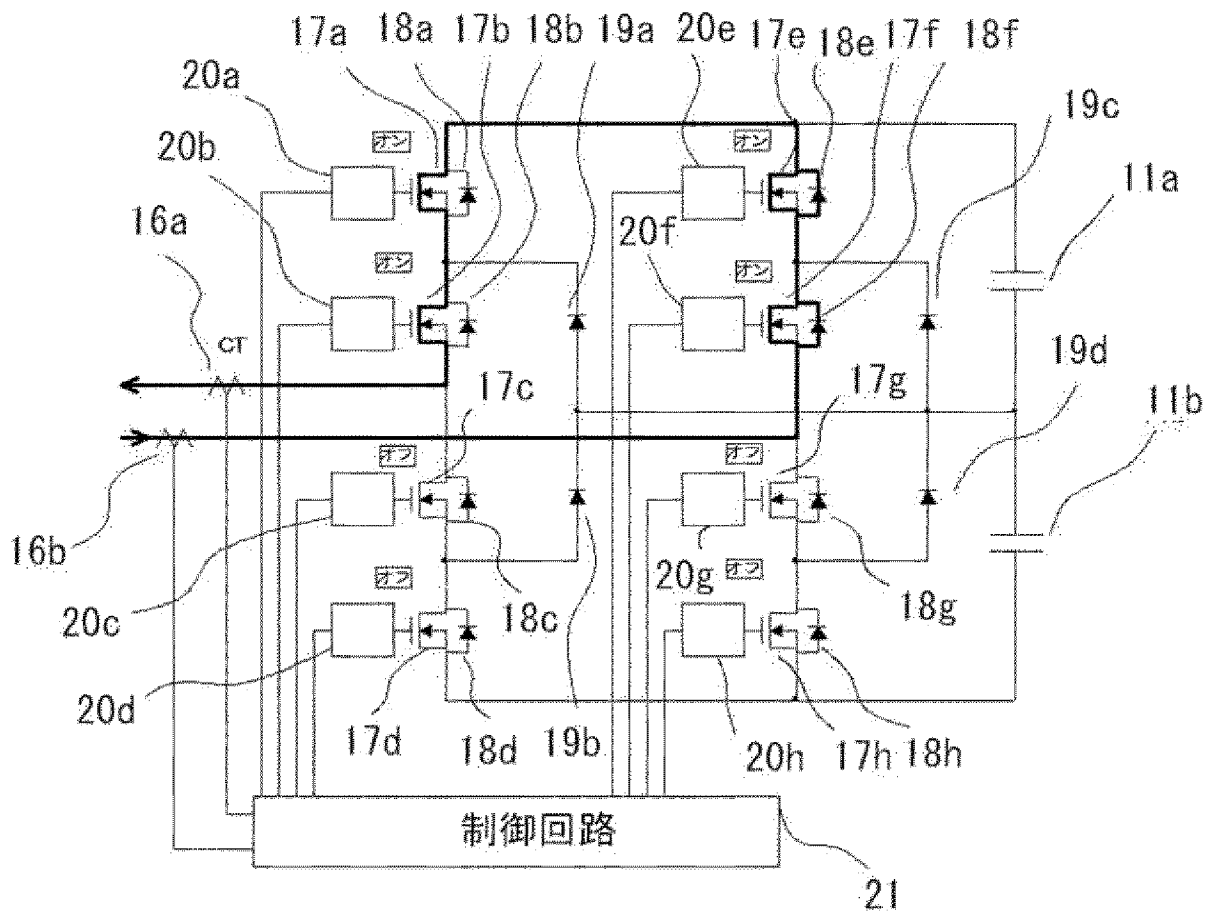
[図10]



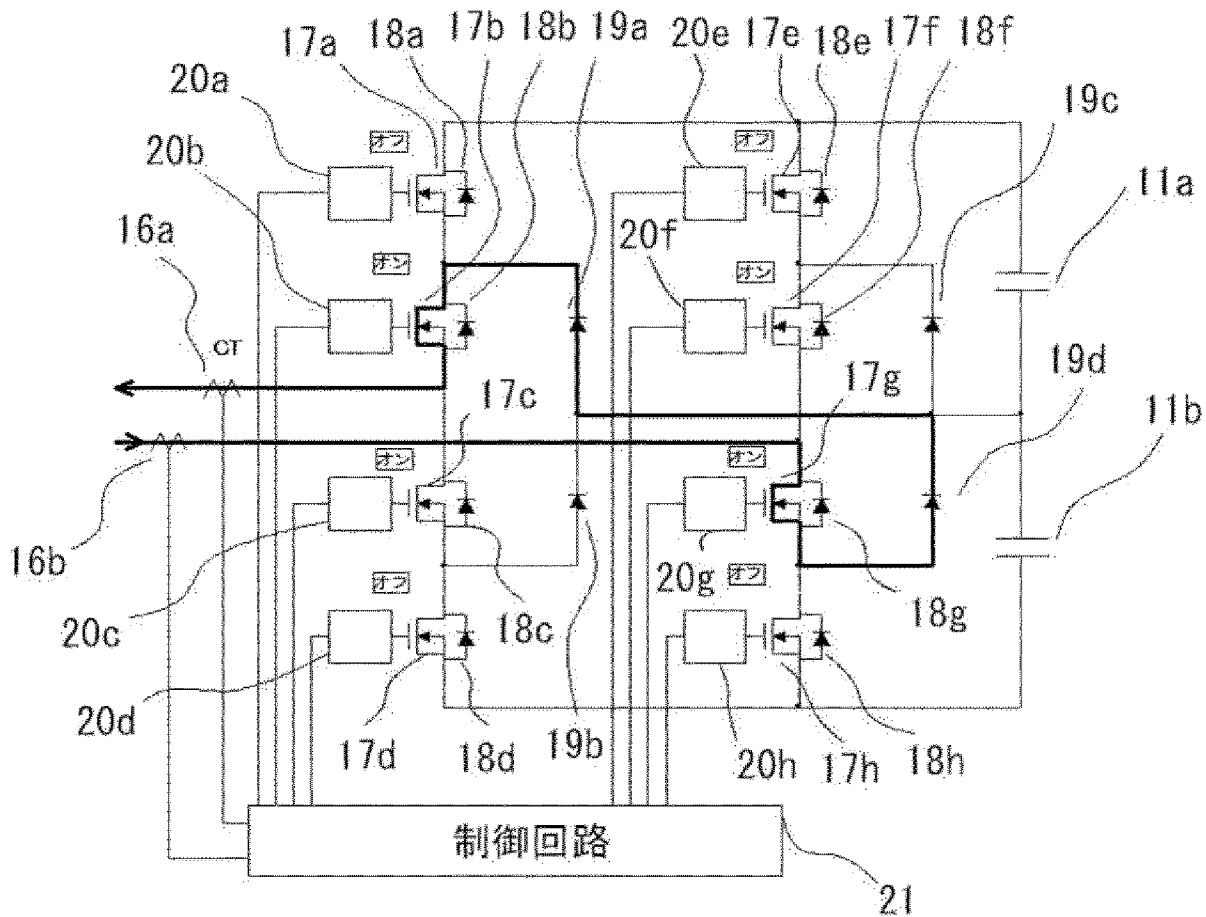
[図11]



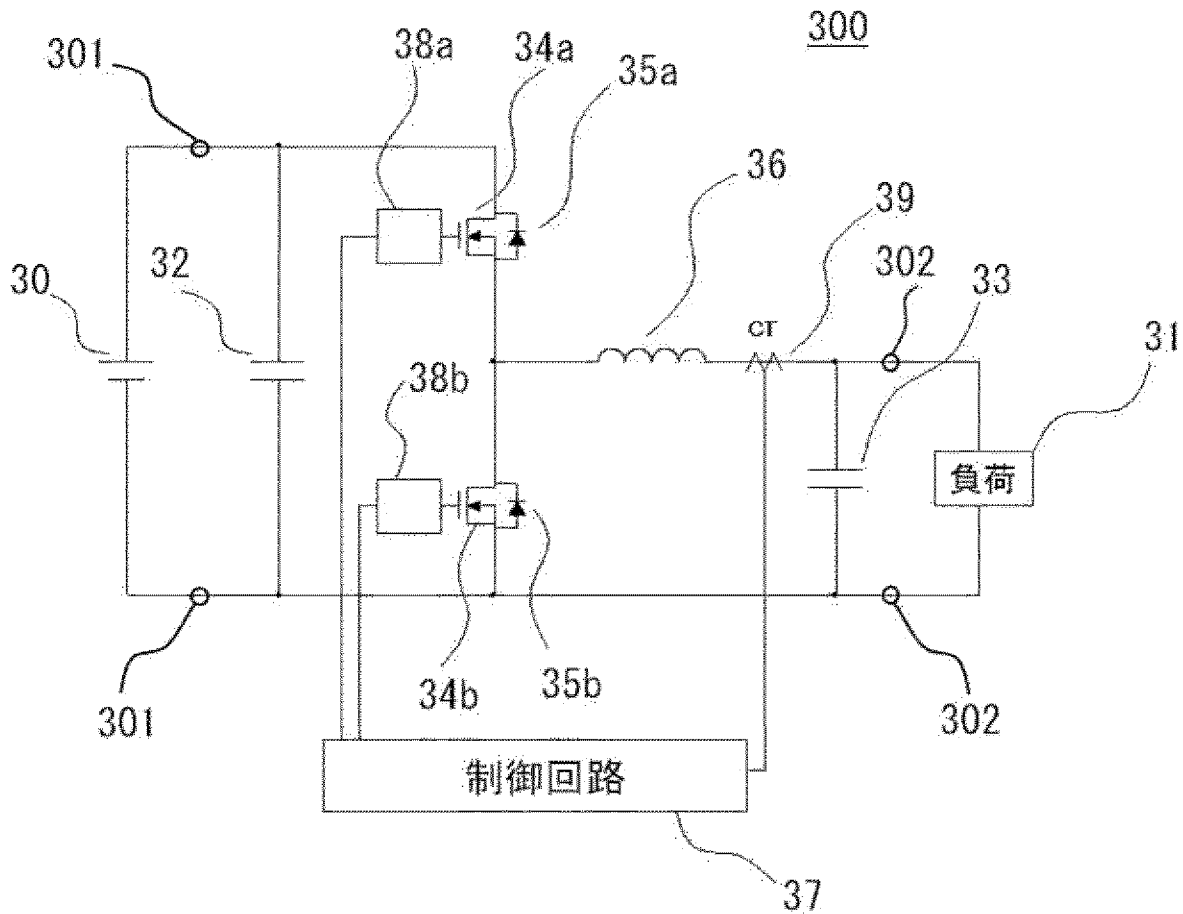
[図12]



[図13]

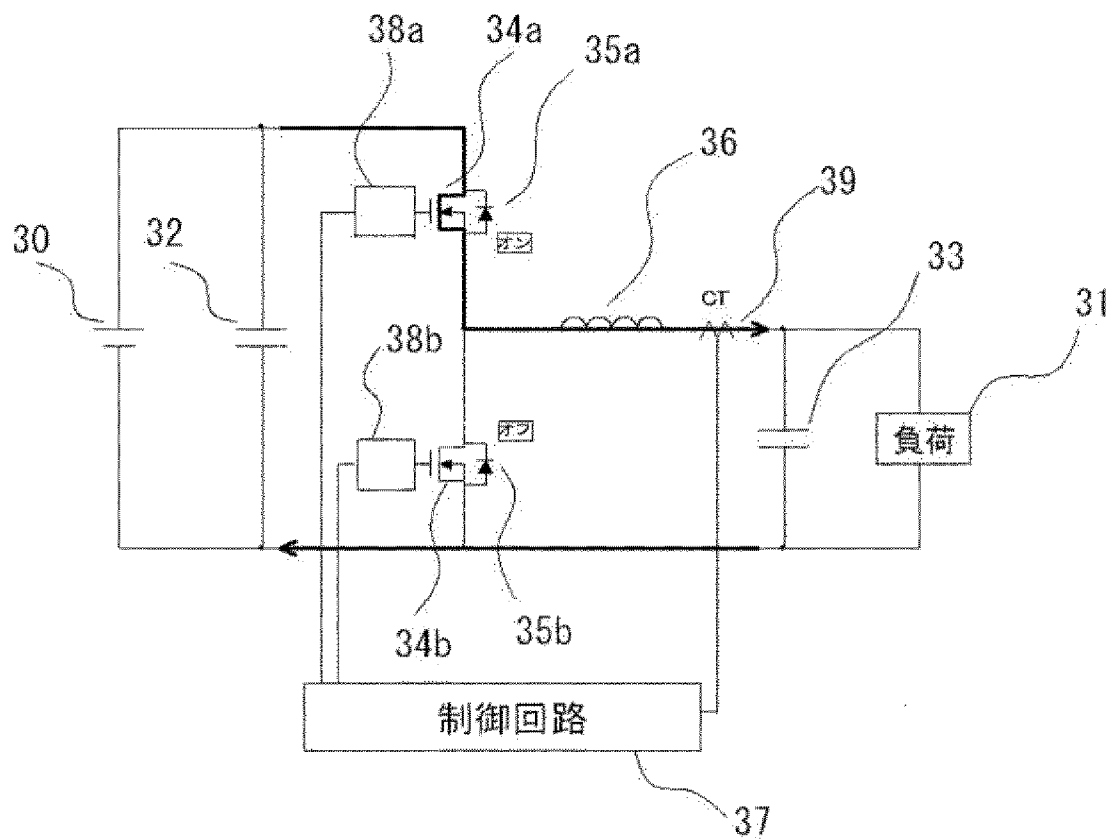


[図14]

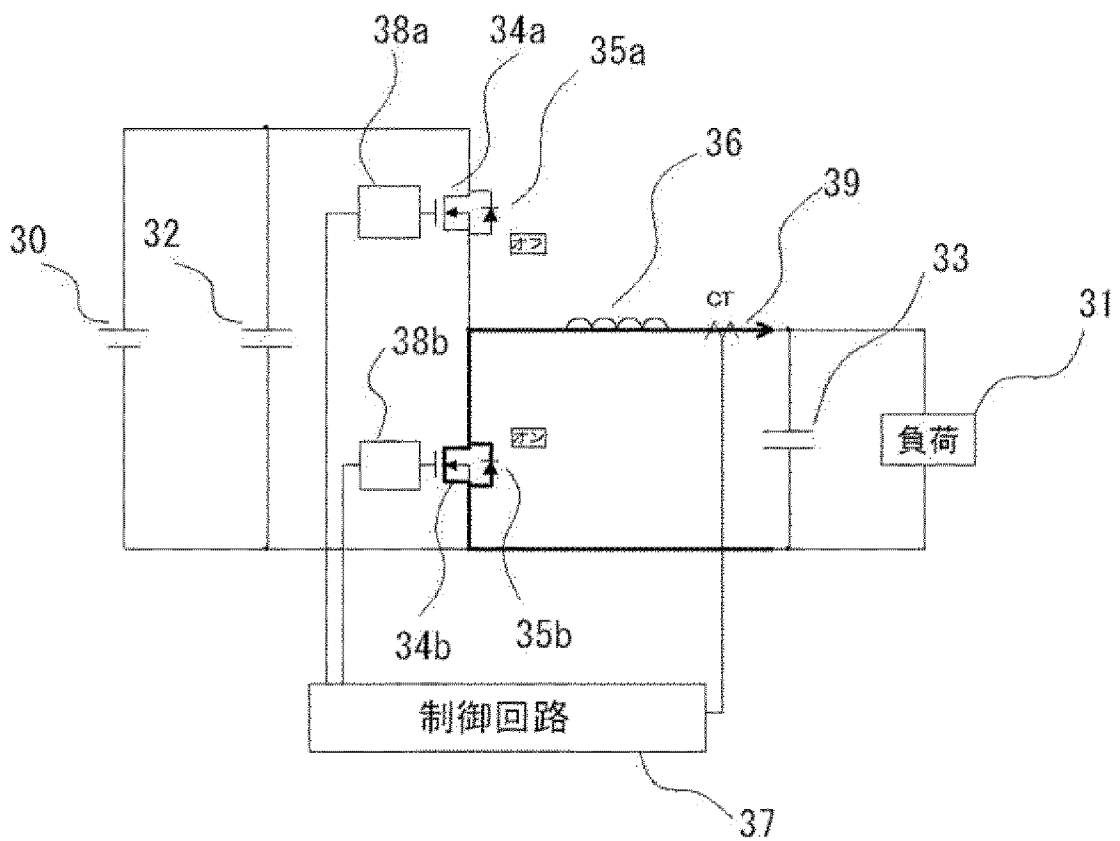


[図15]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064813

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 | JP 11-220884 A (Hitachi, Ltd.), 10 August 1999 (10.08.1999), entire text; all drawings (Family: none) | 1-15 |
| Y | JP 2004-350388 A (Honda Motor Co., Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraph [0047]; all drawings (Family: none) | 1-4, 6-10, 12-15 |
| Y | JP 2-119530 A (Sanken Electric Co., Ltd.), 07 May 1990 (07.05.1990), page 3, upper left column, line 13 to upper right column, line 5 (Family: none) | 1-3, 5-8, 11-15 |

 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
15 September, 2011 (15.09.11)Date of mailing of the international search report
27 September, 2011 (27.09.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/064813

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2004-328893 A (Fuji Electric Device Technology Co., Ltd.), 18 November 2004 (18.11.2004), fig. 1 (Family: none) | 3 |
| Y | WO 2010/044164 A1 (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 22 April 2010 (22.04.2010), fig. 2 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 2008-67566 A (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 21 March 2008 (21.03.2008), fig. 1 to 4 (Family: none) | 8 |

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 | 1971-2011年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2011年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2011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 | JP 11-220884 A (株式会社日立製作所) 1999.08.10, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-15 |
| Y | JP 2004-350388 A (本田技研工業株式会社) 2004.12.09, 【0047】, 全図 (ファミリーなし) | 1-4, 6-10, 12-15 |

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

15.09.2011

国際調査報告の発送日

27.09.2011

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)

大山 広人

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

3026

| 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 | JP 2-119530 A (サンケン電気株式会社) 1990.05.07, 第3頁左上欄 第13行-右上欄第5行 (ファミリーなし) | 1-3, 5-8, 11-15 |
| Y | JP 2004-328893 A (富士電機デバイステクノロジー株式会社) 2004.11.18, 第1図 (ファミリーなし) | 3 |
| Y | WO 2010/044164 A1 (東芝三菱電機産業システム株式会社) 2010.04.22, 第2図 (ファミリーなし) | 7 |
| Y | JP 2008-67566 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 2008.03.21, 第1-4図 (ファミリーなし) | 8 |