

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6468155号
(P6468155)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl. F I
H02M 1/00 (2007.01) H02M 1/00 B

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-201112 (P2015-201112)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成27年10月9日 (2015.10.9)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-73933 (P2017-73933A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成29年4月13日 (2017.4.13)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成29年11月16日 (2017.11.16)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介
		(72) 発明者	渡邊 一範
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直列接続された二つの半導体スイッチング素子である、高電圧側の上アームスイッチ、
(SWp1～SWp4)及び、低電圧側の下アームスイッチ(SWn1～SWn4)と、
前記上アームスイッチの高電圧側端子(TC3, TC4)と、前記下アームスイッチの
低電圧側端子(TE3, TE4)との間に接続部材(Bp, Bn)を介して接続され、そ
の両端子間の電圧を平滑化する平滑コンデンサ(CA, C2)と、

前記上アームスイッチの前記高電圧側端子、及び、前記下アームスイッチの前記低電圧
側端子に接続され、前記上アームスイッチの前記高電圧側端子と、前記下アームスイッチ
の前記低電圧側端子との間の電圧を、前記平滑コンデンサの端子間電圧として検出する電
圧検出回路(20)と、
を備え、

前記上アームスイッチ及び前記下アームスイッチをそれぞれ複数備え、

前記複数の上アームスイッチは、高電圧側端子が前記接続部材によって互いに接続され
るとともに、前記複数の下アームスイッチは、低電圧側端子が前記接続部材によって互い
に接続されており、

前記上アームスイッチと前記下アームスイッチとの直列接続体がそれぞれ相を構成し、
複数の前記相のうち、前記電圧検出回路が接続されている相を構成する前記上アームス
イッチ、及び、前記下アームスイッチが、入出力端子間において流れる電流の時間当たり
の変化量が所定値以下であるフルオン状態、又は、フルオフ状態であることのみを条件と

10

20

して、前記電圧検出回路による検出値を取得する電圧取得手段(40)を備えることを特徴とする電力変換装置。

【請求項2】

前記電圧取得手段は、前記上アームスイッチ、又は、前記下アームスイッチに流れる電流に基づいて、前記電圧検出回路による検出値を補正することを特徴とする請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項3】

前記半導体スイッチング素子は、他の素子とともに絶縁材料で被覆されてモジュール(PWC)を構成するとともに、前記絶縁材料から外部へ露出した複数の信号端子(KC, K, A, G, SE, KE)を備え、前記信号端子は、前記半導体スイッチング素子の低電圧側端子に接続された第1検出用端子(KE)と、前記半導体スイッチング素子の高電圧側端子に接続された第2検出用端子(KC)と、を含み、

前記複数の信号端子が接続されている回路基板(50)を備え、

前記電圧検出回路は、前記回路基板において、前記上アームスイッチの前記第2検出用端子を介して、前記上アームスイッチの前記高電圧側端子に接続されているとともに、前記下アームスイッチの前記第1検出用端子を介して、前記下アームスイッチの前記低電圧側端子に接続されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直流交流変換回路や、交流直流変換回路や、昇降圧回路などの電力変換回路と、電圧検出回路とを備える電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

いわゆる電力変換装置は、直流電力を交流電力に変換する直流交流変換回路や、交流電力を直流電力に変換する交流直流変換回路や、電圧を昇降圧する昇降圧回路などの電力変換回路を備えている。この種の電力変換装置では、直流側に電圧を平滑化する平滑コンデンサが設けられている。さらに、制御装置によって、平滑コンデンサの端子間電圧の検出値が取得され、さらに、その検出値に基づいて、電力変換装置の制御が実施される(例えば、特許文献1)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-203893号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、平滑コンデンサの端子間電圧を検出する電圧検出回路を、平滑コンデンサの両端子に直接接続するのではなく、構造を簡略化するために、電力変換回路を構成する半導体スイッチング素子の端子に接続する構成が考えられる。このような構成では、構造を簡略化できる一方で、平滑コンデンサと半導体スイッチング素子とを接続する接続部材のインピーダンスによって、逆起電圧が生じることが懸念される。この逆起電圧によって、電力検出回路が接続されている端子の電圧と、平滑コンデンサの端子間電圧とが異なる電圧となり、平滑コンデンサの端子間電圧を正確に取得できなくなることが懸念される。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、平滑コンデンサの端子間電圧を検出するために、半導体スイッチング素子の端子に電圧検出回路を接続する構成において、接続部材のインピーダンスによって生じる逆起電圧が電圧検出回路の検出値に与える影響を抑制することを主たる目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

直列接続された二つの半導体スイッチング素子である、高電圧側の上アームスイッチ、(SWp1～SWp4)及び、低電圧側の下アームスイッチ(SWn1～SWn4)と、前記上アームスイッチの高電圧側端子(TC3, TC4)と、前記下アームスイッチの低電圧側端子(TE3, TE4)との間に接続部材(Bp, Bn)を介して接続され、その両端子間の電圧を平滑化する平滑コンデンサ(CA, C2)と、前記上アームスイッチの前記高電圧側端子、及び、前記下アームスイッチの前記低電圧側端子に接続され、前記上アームスイッチの前記高電圧側端子と、前記下アームスイッチの前記低電圧側端子との間の電圧を、前記平滑コンデンサの端子間電圧として検出する電圧検出回路(20)と、前記上アームスイッチ、及び、前記下アームスイッチが、入出力端子間において流れる電流の時間当たりの変化量が所定値以下であるフルオン状態、又は、フルオフ状態であることを条件として、前記電圧検出回路による検出値を取得する電圧取得手段(40)と、を備えることを特徴とする。

10

【0007】

電圧検出回路を半導体スイッチング素子の端子と接続する構成において、接続部材のインピーダンス(主としてインダクタンス成分)によって生じる電圧が問題となる。ここで、主として半導体スイッチング素子のオフ状態からオン状態への切り替えに伴う電流変化、及び、オン状態からオフ状態への切り替えに伴う電流変化によって、逆起電圧が発生する。

20

【0008】

そこで、本構成では、上アームスイッチ及び下アームスイッチにおいて流れる電流の時間当たりの変化量が所定値以下であるフルオン状態、又は、フルオフ状態であることを条件として、平滑コンデンサの端子間電圧の検出値を取得する構成とした。この構成によって、接続部材のインピーダンスによって生じる逆起電圧が電圧検出回路の検出値に与える影響を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施形態の電氣的構成を表す図。

【図2】第1実施形態における回路基板(表面)における素子の配置を表す概略図。

【図3】パワーカードの構造を表す概略図。

30

【図4】第1実施形態におけるコンデンサとスイッチング素子との接続を表す図。

【図5】バスバーのインダクタンスを表す概略図。

【図6】バスバーのインダクタンスに流れる電流を表す概略図。

【図7】スイッチに流れる電流、及び、ノイズ電圧の時間変化を表すタイミングチャート。

【図8】第1実施形態における電圧取得処理を表すフローチャート。

【図9】バスバーの抵抗成分に流れる電流を表す概略図。

【図10】インバータ回路の出力電流、及び、コンデンサの端子間電圧の検出値の時間変化を表すタイミングチャート。

【図11】第2実施形態における電圧取得処理を表すフローチャート。

40

【図12】第3実施形態の電氣的構成を表す図。

【図13】第3実施形態におけるコンデンサとスイッチング素子との接続を表す図。

【図14】第4実施形態における電氣的構成を表す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(第1実施形態)

以下、本発明にかかる電力変換装置をハイブリッド車に適用した実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0011】

図1に、本実施形態にかかる電力変換装置の電氣的構成を示す。モータジェネレータ1

50

0 は、駆動輪や内燃機関に機械的に連結されている。モータジェネレータ 10 は、インバータ回路 I N V に接続されている。インバータ回路 I N V (電力変換回路) は、直流電源 12 の出力電圧を入力電圧とし、直流電力を交流電力に変換するものである。ここで、直流電源 12 は、端子電圧がたとえば 100 V 以上の高電圧となる高電圧バッテリーである。

【0012】

インバータ回路 I N V は、高電圧側のスイッチング素子 S W p 1 ~ S W p 3 (上アームスイッチ) 及び低電圧側のスイッチング素子 S W n 1 ~ S W n 3 (下アームスイッチ) の直列接続体が 3 つ並列接続されて構成されている。そして、これら各スイッチング素子 S W p 1 ~ S W p 3、及び、スイッチング素子 S W n 1 ~ S W n 3 の接続点が、モータジェネレータ 10 の各相にそれぞれ接続されている。

10

【0013】

また、上記高電圧側のスイッチング素子 S W p 1 ~ S W p 3 及び低電圧側のスイッチング素子 S W n 1 ~ S W n 3 のそれぞれの入出力端子間 (コレクタ及びエミッタ間) には、高電圧側のフリーホイールダイオード F D p 1 ~ 3 及び低電圧側のフリーホイールダイオード F D n 1 ~ 3 のカソード及びアノードが接続されている。

【0014】

コンデンサ C A は、上アームスイッチ S W p 1 ~ S W p 3 のコレクタ (高電圧側端子) と、下アームスイッチ S W n 1 ~ S W n 3 のエミッタ (低電圧側端子) とに接続され、その両端子間の電圧を平滑化する平滑コンデンサである。

【0015】

なお、上記インバータ回路 I N V を構成する半導体スイッチング素子 S W (S W p 1 ~ S W p 3, S W n 1 ~ S W n 3) は、いずれもパワー半導体であり、より具体的には、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (I G B T) である。

20

【0016】

制御装置 40 は、マイクロコンピュータであって、インバータ回路 I N V を操作することでモータジェネレータ 10 の制御量を制御するためのデジタル処理手段である。詳しくは、制御装置 40 は、フォトカプラ等の絶縁手段を備えるインターフェース 42 を介してインバータ回路 I N V の各スイッチング素子 S W に操作信号を出力することで、インバータ回路 I N V を操作する。より具体的には、制御装置 40 はインターフェース 42 を介して各スイッチング素子 S W の制御端子 (ゲート) に対して駆動信号を入力する駆動回路に操作信号を出力する。ここで、インターフェース 42 に絶縁手段を備えるのは、インバータ回路 I N V や直流電源 12 を備える高電圧システムと、制御装置 40 を備える低電圧システムとを絶縁するためである。

30

【0017】

また、制御装置 40 は、インバータ回路 I N V の入力電圧の検出値を取得し、その取得した値に基づいて、上記操作信号を生成する。本実施形態の構成は、インバータ回路 I N V の入力電圧の検出値を取得するために、インバータ回路 I N V の入力電圧を、制御装置 40 が有するアナログデジタル変換器の入力可能電圧に変換する電圧検出回路 20 を備えている。

【0018】

電圧検出回路 20 は、一对の入力端子 T H, T N の間の電圧を低電圧システムの接地基準での電圧に変換する電圧変換回路である。電圧検出回路 20 によって変換された電圧は、電圧取得手段としての制御装置 40 に入力される。これは、本実施形態では、高電圧システムの基準電圧と低電圧システムの基準電圧とが相違するためである。

40

【0019】

具体的には、基準電圧となるインバータ回路 I N V の負極側の入力端子 P N の電圧 V N は、低電圧システムにおける基準電圧よりも低くなっている。これは、本実施形態では、直流電源 12 の正極電圧と負極電圧との中央値を低電圧システムの基準電圧としているためである。基準電圧のこのような設定は、直流電源 12 の両端の電圧を抵抗によって分圧したものを低電圧システムの基準電圧とすることで実現することができる。なお、低電圧

50

システムの基準電圧は、接地電圧（車体電圧）である。

【0020】

電圧検出回路20は、インバータ回路INVの正極側の入力端子PPの電圧（コンデンサCAの正極側と接続される端子THの電圧VH）と、負極側の入力端子PNの電圧（コンデンサCAの負極側と接続される端子TNの電圧VN）との電圧差、即ち、コンデンサCAの端子間電圧を変換する手段であり、オペアンプ21を備えて構成される。ここで、端子THの電圧VHと接地電圧との電圧差は、分圧用の抵抗体である複数の高抵抗体23と、低抵抗体24によって分圧された後、オペアンプ21の反転入力端子に印加される。また、端子TNの電圧VNと接地電圧との電圧差は、複数の高抵抗体25と、低抵抗体26とによって分圧され、オペアンプ21の非反転入力端子に印加される。オペアンプ21の反転入力端子と出力端子とは抵抗体22によって接続されている。

10

【0021】

図2に、本実施形態にかかるインバータ回路INVが実装される回路基板50を示す。図示される回路基板50は、インバータ回路INVに接続される高電圧回路領域HVと、低電圧回路領域LVとの双方を有する。ここで、基本的には、図中、右側（上アームスイッチSWp3に対し、上アームスイッチSWp2が設けられている方向と逆の方向）の領域が低電圧回路領域LVであり、中央及び左側（上アームスイッチSWp3に対し、上アームスイッチSWp2が設けられている方向）の領域が高電圧回路領域HVである。ただし、高電圧回路領域HV内には、フォトカプラのように、低電圧システムと高電圧システムとの双方を構成する部品も混在している。

20

【0022】

また、インバータ回路INVを構成する各スイッチング素子SWの駆動回路Dp1～Dp3、Dn1～Dn3の電源回路を構成するフライバックコンバータ用の電解コンデンサ（図示略）は、低電圧システムを構成するものとして、図中右側の低電圧回路領域LVに配置されている。また、駆動回路Dp1～Dp3、Dn1～Dn3の電源回路を構成するフライバックコンバータ用のトランス（図示略）の1次巻線側は低電圧システムを構成するものとして低電圧回路領域LVに配置され、2次巻線側は高電圧システムを構成するものとして高電圧回路領域HVに配置されている。

【0023】

図3に示すように、上記インバータ回路INVを構成する各スイッチング素子SWは、回路基板50の裏面（図2に示された面の裏面）側から回路基板50に差し込まれて接続されている。ここで、各スイッチング素子SWは、他の素子とともに絶縁材料で被覆されてパワーカードPWC（モジュール）を構成している。パワーカードPWCには、フリーホイールダイオードFDや感温ダイオードSDも収納されているが、図3では、フリーホイールダイオードFDの記載を省略している。

30

【0024】

パワーカードPWCは、高電圧側のスイッチング素子SWpが収納されたものと、低電圧側のスイッチング素子SWnが収納されたものとで互いに同一構造である。パワーカードPWCは、絶縁材料から外部へ露出した複数の信号端子を有する。具体的には、スイッチング素子SWのゲート端子G、エミッタ検出端子KE、コレクタ検出端子KC、センス端子SE、感温ダイオードSDのアノードAおよびカソードKの各端子が、回路基板50に挿入され接続されている。ここで、エミッタ検出端子KE（第1検出用端子）は、スイッチング素子SWのエミッタE（低電圧側端子）に接続され、エミッタEと同電圧の電極である。コレクタ検出端子KC（第2検出用端子）は、スイッチング素子SWのコレクタ（高電圧側端子）に接続され、コレクタと同電圧の電極である。センス端子SEは、スイッチング素子SWを流れる電流と相関を有する微小電流を出力するための端子である。

40

【0025】

図2に示すように、スイッチング素子SWは、高電圧システムを構成するものであるため、これら各スイッチング素子SWを他の回路と絶縁すべく、回路基板50には、絶縁領域IAが設けられている。絶縁領域IAは、回路（素子や配線や電源パターン）が配置さ

50

れない領域である。

【0026】

ここで、図中下の列には、下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}を備えるパワーカードPWCの端子が示されている。これら下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}に対応するエミッタ検出端子KEが、いずれも同一の基準電圧（端子TNの電圧VN）であるため、これらの間に絶縁領域IAが設けられていない。このため、これら下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}を駆動する駆動回路D_{n1}～D_{n3}は、この基準電圧を基準にして所定の電圧幅で動作することとなる。ここで、これら駆動回路D_{n1}～D_{n3}の構成部品の動作電圧自体は、必ずしも低電圧回路領域LV内の部品と比較して大きいわけではない。このため、これら互いに相違する下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}の駆動回路D_{n1}～D_{n3}同士は、回路基板50上において必ずしも絶縁領域IAを設ける必要がない。

10

【0027】

これに対し、図中上の列には、上アームスイッチSW_{p1}～SW_{p3}を備えるパワーカードPWCの端子が示されており、これらは互いに絶縁領域IAによって隔離されている。そして、絶縁領域IAによって囲まれた領域に上アームスイッチSW_{p1}～SW_{p3}を駆動する駆動回路D_{p1}～D_{p4}が実装されている。これは、各上アームスイッチSW_{p1}～SW_{p3}同士のエミッタ検出端子KEの電圧が、対応する下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}がオン状態であるかオフ状態であるかに応じて、大きく変動するからである。このため、これらの駆動回路D_{p1}～D_{p3}の動作電圧自体は小さいとはいえ、駆動回路D_{p1}～D_{p3}同士を絶縁する必要が生じる。上記絶縁領域IAの幅は、法規による要請や、絶縁破壊等を回避する観点から定められる。

20

【0028】

図4として、スイッチング素子SW_{p1}～SW_{p3}、SW_{n1}～SW_{n3}と、コンデンサCAとの接続を表す概略図を示す。上アームスイッチSW_{p1}～SW_{p3}のコレクタCは互いに、金属製の棒状（又は板状）の部材であるバスバーB_pによって接続されている。さらに、上アームスイッチSW_{p1}～SW_{p3}のコレクタCは、バスバーB_pによって、コンデンサCAの高電圧側の端子PPに接続されている。

【0029】

同様に、下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}のエミッタEは互いに、金属製の棒状の部材であるバスバーB_nによって接続されている。さらに、下アームスイッチSW_{n1}～SW_{n3}のエミッタEは、バスバーB_nによって、コンデンサCAの低電圧側の端子PNに接続されている。

30

【0030】

ここで、図2に示すように、コンデンサCAの端子間電圧を検出する電圧検出回路20は、スイッチSW_{p3}のコレクタ端子TC3（コレクタ検出端子KC）、及び、スイッチSW_{n3}のエミッタ端子TE3（エミッタ検出端子KE）を介して、コンデンサCAの両端子PP、PNに接続される。より具体的には、電圧検出回路20の高電圧側の入力端子TPは、スイッチSW_{p3}のコレクタ検出端子KC、及び、バスバーB_pを介して、コンデンサCAの正極側の端子PPと接続される。また、電圧検出回路20の低電圧側の入力端子TNは、スイッチSW_{n3}のエミッタ検出端子KE、及び、バスバーB_nを介して、コンデンサCAの負極側の端子PNと接続される。

40

【0031】

上記構成により、電圧検出回路20の入力端子TH、TNと、上アームスイッチSW_{p3}のコレクタ端子TC3、及び、下アームスイッチSW_{n3}のエミッタ端子TE3との接続は回路基板50を介して接続されることになる。これにより、ワイヤーハーネスなどを用いた接続と比較して、簡易な構成とすることができる。

【0032】

ここで、バスバーB_p、B_nのインダクタンス（寄生インダクタンス）が問題となる。具体的には、バスバーB_p、B_nのインダクタンスにより、コンデンサCAの端子間電圧の検出値にノイズ電圧が重畳し、検出値の精度が低下する。バスバーB_p、B_nのインダ

50

クタンスによるノイズ電圧の発生について、以下に図を用いて説明する。

【0033】

図5にバスバーB_p、B_nにおけるインダクタンスL_{p1}～L_{p3}、L_{n1}～L_{n3}（寄生インダクタンス）を示す。バスバーB_pのインダクタンスにおいて、端子P_Pと端子T_{C1}との間に存在する成分をL_{p1}とし、端子T_{C1}と端子T_{C2}との間に存在する成分をL_{p2}とし、端子T_{C2}と端子T_{C3}との間に存在する成分をL_{p3}とする。同様に、バスバーB_nのインダクタンスにおいて、端子P_Nと端子T_{E1}との間に存在する成分をL_{n1}とし、端子T_{E1}と端子T_{E2}との間に存在する成分をL_{n2}とし、端子T_{E2}と端子T_{E3}との間に存在する成分をL_{n3}とする。

【0034】

図6（a）において、U相上アームスイッチSW_{p1}と、W相下アームスイッチSW_{n3}とがオフ状態からオン状態とされる場合にスイッチSW_{p1}、SW_{n3}に流れる電流を一点鎖線で示している。スイッチSW_{p1}、SW_{n3}がオフ状態からオン状態とされると、コンデンサC_Aの端子P_P→インダクタンスL_{p1}→スイッチSW_{p1}→モータジェネレータ10→スイッチSW_{n3}→インダクタンスL_{n3}→インダクタンスL_{n2}→インダクタンスL_{n1}→コンデンサC_Aの端子P_Nの順に電流が流れる。

【0035】

図6（b）において、U相上アームスイッチSW_{p1}と、W相下アームスイッチSW_{n3}とがオン状態からオフ状態とされる場合にスイッチSW_{p1}、SW_{n3}に流れる電流を一点鎖線で示している。スイッチSW_{p1}、SW_{n3}がオン状態からオフ状態とされると、コンデンサC_Aの端子P_N→インダクタンスL_{n1}→スイッチSW_{n1}→モータジェネレータ10→スイッチSW_{p3}→インダクタンスL_{p3}→インダクタンスL_{p2}→インダクタンスL_{p1}→コンデンサC_Aの端子P_Pの順に電流が流れる。

【0036】

図7に、スイッチSWがオフ状態からオン状態とされるとき、及び、オン状態からオフ状態とされるときに、スイッチSWのコレクターエミッタ間に流れる電流I_{ce}の時間変化を示す。

【0037】

時刻T₀において、スイッチSWのゲート端子にオン電圧が印加され、ゲート端子における充電が開始されることで、コレクタエミッタ間電流I_{ce}が増加し始める。その後、フリーホイールダイオードF_Dのリカバリ電流やスイッチSWの寄生容量などに起因してサージ電流が流れ、時刻T₁において、コレクタエミッタ間電流I_{ce}がピーク値に達する。その後、時刻T₂において、コレクタエミッタ間電流I_{ce}は定常値となる。

【0038】

時刻T₃において、スイッチSWのゲート端子に印加される電圧が0とされ、ゲート端子における放電が開始されることで、コレクタエミッタ間電流I_{ce}が減少し始める。その後、時刻T₄において、コレクタエミッタ間電流I_{ce}は0となる。

【0039】

つまり、時刻T₀～T₂におけるスイッチSWのオン遷移時、及び、時刻T₃～T₄におけるスイッチSWのオフ遷移時において、コレクタエミッタ間電流I_{ce}が急激に変化する。このコレクタエミッタ間電流I_{ce}の時間変化によって、バスバーB_p、B_nのインダクタンスLにおいて、逆起電圧V_v（ $V_v = -L \cdot dI_{ce}/dt$ ）が生じる。

【0040】

図7に、逆起電圧V_vに伴うコンデンサC_Aの端子間電圧の検出値V_{cd}（端子T_{E3}と端子T_{C3}との間の電圧）の時間変化を示す。スイッチSWがオフ状態からオン状態に遷移するオン遷移時間、及び、オン状態からオフ状態に遷移するオフ遷移時間において、逆起電圧V_vが発生し、電圧V_{cd}が激しく変化する。また、スイッチSWの入出力端子間（コレクタエミッタ間）において流れる電流の時間当たりの変化量が所定値以下になると、スイッチSWがフルオン状態又はフルオフ状態となる。スイッチSWがフルオン状態又はフルオフ状態になると、逆起電圧V_vが小さくなる結果、電圧V_{cd}は安定した値と

10

20

30

40

50

なる。

【0041】

逆起電圧 V_v は、電流が流れる経路におけるバスバー B_p 、 B_n のインダクタンス L に比例する。このため、U相における逆起電圧 V_v が最も小さくなり、W相における逆起電圧 V_v が最も大きくなる。

【0042】

U相とW相との組み合わせでは、図6(a)、(b)に示す経路で電流が流れる。つまり、スイッチ SW_{p1} 、 SW_{n3} がオフ状態からオン状態とされると、インダクタンス L_{p1} 、 L_{n1} 、 L_{n2} 、 L_{n3} に電流が流れる($L = L_{p1} + L_{n1} + L_{n2} + L_{n3}$)。また、スイッチ SW_{p1} 、 SW_{n3} がオン状態からオフ状態とされると、インダクタンス L_{n1} 、 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} に電流が流れる($L = L_{n1} + L_{p1} + L_{p2} + L_{p3}$)。経路上のインダクタンス L によって、逆起電圧 V_v が生じる。これにより、スイッチ SW_{p3} のコレクタ端子 TC_3 とスイッチ SW_{n3} のエミッタ端子 TE_3 との間の電圧 V_{cd} (電圧検出回路20による検出値)と、コンデンサ CA の端子間電圧 V_c との間に、逆起電圧 V_v 分の差異が生じる。

10

【0043】

本実施形態では、電圧検出回路20が接続されている相であるW相を構成するスイッチ SW_{p3} 、 SW_{n3} がともにフルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、コンデンサ CA の端子間電圧 V_c の検出値 V_{cd} の取得を実施する。これにより、スイッチ SW_{p3} 、 SW_{n3} のオン遷移時及びオフ遷移時における逆起電圧 V_v の影響を抑制することができる。

20

【0044】

また、複数の上アームスイッチ $SW_{p1} \sim SW_{p3}$ 、及び、複数の下アームスイッチ $SW_{n1} \sim SW_{n3}$ のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧のうち、電圧検出回路20の検出値に与える影響が最も大きいのは、電圧検出回路20が接続されている相を構成する上アームスイッチ SW_{p3} 、及び、下アームスイッチ SW_{n3} のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧である。しかしながら、他の相(U相、V相)を構成する上アームスイッチ SW_{p1} 、 SW_{p2} 、及び、下アームスイッチ SW_{n1} 、 SW_{n2} のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧 V_v は、バスバー B_p 、 B_n のインダクタンス成分により減衰するものの、電圧検出回路20の検出値 V_{cd} に影響を与える。

30

【0045】

そこで、制御装置40は、全ての相を構成する上アームスイッチ $SW_{p1} \sim SW_{p3}$ 、及び、下アームスイッチ $SW_{n1} \sim SW_{n3}$ が、フルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、電圧検出回路20による検出値を取得する構成とした。

【0046】

図8に、第1実施形態における電圧検出値取得処理を表すフローチャートを示す。本処理は、制御装置40によって、所定周期ごとに実施される。

【0047】

ステップS01において、スイッチ SW_{p3} がオン状態であるか否かを判定する。スイッチ SW_{p3} がオン状態である場合(S01: YES)、ステップS02において、スイッチ SW_{p3} に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。ここで、この所定時間はオン遷移時間(図7参照)に基づいて設定されている。また、スイッチ SW_{p3} がオフ状態である場合(S01: NO)、ステップS03において、スイッチ SW_{p3} に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオフ状態となっているか否かを判定する。ここで、この所定時間はオフ遷移時間(図7参照)に基づいて設定されている。スイッチ SW_{p3} がオン遷移中であると判定される(S02: NO)、又は、オフ遷移中であると判定される(S03: NO)場合、そのまま処理を終了する。

40

【0048】

スイッチ SW_{p3} がフルオン状態であると判定される(S02: YES)、又は、スイ

50

ッチSWp 3がフルオフ状態であると判定される(S 0 3: Y E S)と、ステップS 0 4において、スイッチSWn 3がオン状態であるか否かを判定する。スイッチSWn 3がオン状態である場合(S 0 4: Y E S)、ステップS 0 5において、スイッチSWn 3に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。また、スイッチSWn 3がオフ状態である場合(S 0 4: N O)、ステップS 0 6において、スイッチSWn 3に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオフ状態となっているか否かを判定する。スイッチSWn 3がオン遷移中であると判定される(S 0 5: N O)、又は、オフ遷移中であると判定される(S 0 6: N O)場合、そのまま処理を終了する。

【0049】

10

スイッチSWn 3がフルオン状態であると判定される(S 0 5: Y E S)、又は、スイッチSWn 3がフルオフ状態であると判定される(S 0 6: Y E S)と、ステップS 0 7において、スイッチSWp 1がオン状態であるか否かを判定する。スイッチSWp 1がオン状態である場合(S 0 7: Y E S)、ステップS 0 8において、スイッチSWp 1に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。また、スイッチSWp 1がオフ状態である場合(S 0 7: N O)、ステップS 0 9において、スイッチSWp 1に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオフ状態となっているか否かを判定する。スイッチSWp 1がオン遷移中であると判定される(S 0 8: N O)、又は、オフ遷移中であると判定される(S 0 9: N O)場合、そのまま処理を終了する。

20

【0050】

スイッチSWp 1がフルオン状態であると判定される(S 0 8: Y E S)、又は、スイッチSWp 1がフルオフ状態であると判定される(S 0 9: Y E S)と、ステップS 1 0において、スイッチSWn 1がオン状態であるか否かを判定する。スイッチSWn 1がオン状態である場合(S 1 0: Y E S)、ステップS 1 1において、スイッチSWn 1に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。また、スイッチSWn 1がオフ状態である場合(S 1 0: N O)、ステップS 1 2において、スイッチSWn 1に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオフ状態となっているか否かを判定する。スイッチSWn 1がオン遷移中であると判定される(S 1 1: N O)、又は、オフ遷移中であると判定される(S 1 2: N O)場合、そのまま処理を終了する。

30

【0051】

スイッチSWn 1がフルオン状態であると判定される(S 1 1: Y E S)、又は、スイッチSWn 1がフルオフ状態であると判定される(S 1 2: Y E S)と、ステップS 1 3において、スイッチSWp 2がオン状態であるか否かを判定する。スイッチSWp 2がオン状態である場合(S 1 3: Y E S)、ステップS 1 4において、スイッチSWp 2に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。また、スイッチSWp 2がオフ状態である場合(S 1 3: N O)、ステップS 1 5において、スイッチSWp 2に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオフ状態となっているか否かを判定する。スイッチSWp 2がオン遷移中であると判定される(S 1 4: N O)、又は、オフ遷移中であると判定される(S 1 5: N O)場合、そのまま処理を終了する。

40

【0052】

スイッチSWp 1がフルオン状態であると判定される(S 1 4: Y E S)、又は、スイッチSWp 2がフルオフ状態であると判定される(S 1 5: Y E S)と、ステップS 1 6において、スイッチSWn 2がオン状態であるか否かを判定する。スイッチSWn 2がオン状態である場合(S 1 6: Y E S)、ステップS 1 7において、スイッチSWn 2に対するオン操作が開始されてから所定時間が経過し、フルオン状態となっているか否かを判定する。また、スイッチSWn 2がオフ状態である場合(S 1 6: N O)、ステップS 1 8において、スイッチSWn 2に対するオフ操作が開始されてから所定時間が経過し、フ

50

ルオフ状態となっているか否かを判定する。スイッチSWn2がオン遷移中であると判定される(S17:NO)、又は、オフ遷移中であると判定される(S18:NO)場合、そのまま処理を終了する。

【0053】

スイッチSWn1がフルオン状態であると判定される(S17:YES)、又は、スイッチSWn1がフルオフ状態であると判定される(S18:YES)、即ち、全てのスイッチSWp1~SWp3, SWn1~SWn3がともにフルオン状態又はフルオフ状態であると判定されると、ステップS19において、コンデンサCAの端子間電圧の検出値Vcdの取得を実施し、処理を終了する。

【0054】

また、バスバーBp, Bnに電流が流れることで、バスバーBp, Bnの抵抗成分による電圧降下が発生する。そこで、本実施形態では、スイッチSWp1~SWp3, SWn1~SWn3に流れる電流の大きさと向きに基づいて、検出値Vcdを補正する。

【0055】

図9に示すように、インバータ回路INVからモータジェネレータ10に対して出力される電流Ioutは、モータジェネレータ10の動作状態に応じて変化する。ここで、出力電流Ioutが変化することで、バスバーBp, Bnに流れる電流が変化し、バスバーBp, Bnにおいて生じる電圧降下(ΔV)が変化する。その結果、電圧検出回路20による検出値Vcdの精度が悪化することが懸念される。

【0056】

例えば、図10に示すように、U相上アームスイッチSWp1とW相下アームスイッチSWn3に電流が流れている場合を想定する。バスバーBpにおける端子PPとの接続点と、端子TC1との接続点との間の部位において、バスバーBpの抵抗成分に電流Iceが流れることで、電圧降下($\Delta V1$)が発生する。また、バスバーBnにおける端子PNとの接続点と、端子TE3との接続点との間の部位において、バスバーBnの抵抗成分に電流Iceが流れることで、電圧降下($\Delta V2$, $\Delta V3$, $\Delta V4$)が発生する。

【0057】

制御装置40は、バスバーBp, Bnに電流Iceが流れることで発生する電圧降下の和(図10の例では、 $\Delta V1 + \Delta V2 + \Delta V3 + \Delta V4$)を補正值として算出する。バスバーBp, Bnの各部位において生じる電圧降下は、各部位の抵抗値と、流れる電流との積として算出することができる。さらに、制御装置40は、電圧検出回路20による検出値Vcdに対し、電流の向きに応じて、その補正值を加算又は減算する。これにより、バスバーBp, Bnにおいて生じる電圧降下によって、検出値Vcdの精度が悪化することを抑制することができる。

【0058】

(第2実施形態)

上記実施形態では、インバータ回路INVが有する全ての相を構成するスイッチSWp1~SWp3, SWn1~SWn3がフルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、コンデンサCAの端子間電圧の検出値Vcdを取得する構成とした。本実施形態では、これを変更する。具体的には、電圧検出回路20が接続されている相以外の相であるU, V相を構成するスイッチSWp1, SWp2, SWn1, SWn2の状態に関わらず、電圧検出回路20が接続されている相であるW相を構成するスイッチSWp3, SWn3がともにフルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、コンデンサCAの端子間電圧の検出値Vcdの取得を実施する。

【0059】

図11に、第2実施形態における電圧検出値取得処理を表すフローチャートを示す。本処理は、制御装置40によって、所定周期ごとに実施される。図11に示すフローチャートは、図8に示すフローチャートと比較して、ステップS07~S18を省略している。即ち、スイッチSWp3, SWn3がともにフルオン状態、又は、フルオフ状態と判定されると(S05:YES、又は、S06:YES)、ステップS19における検出値Vc

10

20

30

40

50

dの取得を実施する。

【0060】

本実施形態の電力変換装置（インバータ回路INV）は、複数の上アームスイッチSWp1～SWp3及び複数の下アームスイッチSWn1～SWn3を備え、上アームスイッチSWp1～SWp3と下アームスイッチSWn1～SWn3との直列接続体がそれぞれ相を構成する電力変換装置である。

【0061】

スイッチSWp1～SWp3、SWn1～SWn3のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧Vvのうち、電圧検出回路20の検出値Vcdに与える影響が最も大きいのは、電圧検出回路20が接続されている相を構成するスイッチSWp3、SWn3のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧Vvである。これは、他の相を構成するスイッチSWp1、SWp2、SWn1、SWn2のオンオフ状態の切り替えに伴う逆起電圧Vvは、バスバーBp、BnのインダクタンスLにより減衰するためである。

10

【0062】

そこで、電圧取得手段としての制御装置40は、電圧検出回路20が接続されている相を構成する上アームスイッチSWp3、及び、下アームスイッチSWn3が、フルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、他の相のスイッチSWp1、SWp2、SWn1、SWn2のオンオフ状態に関わらず、電圧検出回路20による検出値を取得する構成とした。このような構成にすることで、コンデンサCAの端子間電圧の検出値Vcdを取得する機会を多く確保することができる。

20

【0063】

（第3実施形態）

図12に示す第3実施形態の電力変換装置は、図1に示す第1実施形態におけるインバータ回路INVに加え、昇降圧回路CVを備えている。昇降圧回路CVは、具体的には同期整流方式の昇圧チョッパ回路である。インバータ回路INV及び昇降圧回路CVで電力変換回路11を構成する。以下の説明において、図1に示す構成と同一の構成については、同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0064】

図12に示すように、昇降圧回路CVの2つの入力端子は、直流電源12に接続されている。昇降圧回路CVは、直流電源12に並列接続されたコンデンサC1を備えている。また、昇降圧回路CVは、リアクトルL1を備えている。リアクトルL1の一端は、直流電源12の正極に接続されている。

30

【0065】

また、昇降圧回路CVは、直列接続された上アームスイッチSWp4、及び、下アームスイッチSWn4を備えている。スイッチSWp4のエミッタと、スイッチSWn4のコレクタとの接続点には、リアクトルL1が接続されている。スイッチSWp4、SWn4には、フリーホイールダイオードFDp4、FDn4が接続されている。上アームスイッチSWp4のコレクタ端子（TC4）と、下アームスイッチSWn4のエミッタ端子（TE4）とが、インバータ回路INVの入力側に接続されている。また、上アームスイッチSWp4のコレクタ端子（TC4）と、下アームスイッチSWn4のエミッタ端子（TE4）との間には、コンデンサC2が接続されている。制御装置40は、各スイッチSWp4、SWn4をオンオフ動作させることで、直流電源12から入力される電圧を所定の電圧に昇圧し、インバータ回路INVに出力する。

40

【0066】

図13として、スイッチング素子SWp1～SWp4、SWn1～SWn4と、コンデンサC2との接続を表す概略図を示す。上アームスイッチSWp1～SWp4のコレクタCは互いに、金属製の棒状（又は板状）の部材であるバスバーBpによって接続されている。さらに、上アームスイッチSWp1～SWp4のコレクタCは、バスバーBpによって、コンデンサC2の高電圧側の端子PPに接続されている。

【0067】

50

同様に、下アームスイッチSWn1～SWn4のエミッタEは互いに、金属製の棒状の部材であるバスバーBnによって接続されている。さらに、下アームスイッチSWn1～SWn4のエミッタEは、バスバーBnによって、コンデンサC2の低電圧側の端子PNに接続されている。

【0068】

ここで、図4に示す構成と異なり、図12におけるコンデンサC2（図4のコンデンサCA）に最も近いスイッチは、スイッチSWp4、SWn4である。そこで、本実施形態では、図11に示すように、電圧検出回路20の高電圧側端子THを、上アームスイッチSWp4のコレクタ端子TC4（コレクタ検出端子KC）に接続する。また、電圧検出回路20の定電圧側端子TNを、下アームスイッチSWn4のエミッタ端子TE4（エミッタ検出端子KE）に接続する。このような構成にすることで、端子TH、TNと端子PP、PNとの間のインダクタンス、及び、抵抗成分を減少させることができ、ノイズ電圧が電圧Vcの検出値Vcdに与える影響を抑制することができる。

10

【0069】

さらに、第1実施形態と同様に、電圧取得手段としての制御装置40は、全ての相を構成する上アームスイッチSWp1～SWp4、及び、下アームスイッチSWn1～SWn4が、フルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、電圧検出回路20による検出値を取得する構成とした。このような構成にすることで、インバータ回路INVを構成するスイッチSWp1～SWp3、SWn1～SWn3のオンオフの切り替えに伴うノイズ電圧に加え、昇降圧回路CVを構成するスイッチSWp4、SWn4のオンオフの切り替えに伴うノイズ電圧による影響を抑制することが可能になる。

20

【0070】

（第4実施形態）

図14に示す第4実施形態の電力変換装置は、図12に示す第3実施形態からインバータ回路INVを省略した構成であり、昇降圧回路CVを備えている。以下の説明において、図12に示す構成と同一の構成については、同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0071】

昇降圧回路CVは、直流電源12から入力される電圧を昇圧し、電気負荷10aに対して昇圧した電力を出力する。昇降圧回路CVの出力側には、コンデンサC2が設けられている。コンデンサC2は、上アームスイッチSWp4のコレクタ端子TC4（コレクタ検出端子KC）とバスバーBpを介して接続され、下アームスイッチSWn4のエミッタ端子TE4（エミッタ検出端子KE）とバスバーBnを介して接続されている。制御装置40は、コンデンサC2の端子間電圧Vcを昇降圧回路CVの出力電圧として取得し、その取得した値を用いて、スイッチSWp4、SWn4のデューティを調整する。

30

【0072】

コンデンサC2の端子間電圧Vcの検出値Vcdを取得する電圧検出回路20の高電圧側端子THは、スイッチSWp4のコレクタ検出端子KCに接続され、低電圧側端子TNは、スイッチSWn4のエミッタ検出端子KEに接続されている。そして、電圧取得手段としての制御装置40は、上アームスイッチSWp4、及び、下アームスイッチSWn4が、フルオン状態又はフルオフ状態であることを条件として、電圧検出回路20による検出値を取得する。これにより、電圧検出回路20のコンデンサC2に対する接続を簡略化するとともに、昇降圧回路CVの出力電圧の検出値を取得する際に、昇降圧回路CVを構成するスイッチSWp4、SWn4のオンオフの切り替えに伴うノイズ電圧による影響を抑制することが可能になる。

40

【0073】

（他の実施形態）

・接続部材として、バスバーBp、Bnに代えて、ワイヤーハーネスなどを用いてもよい。

【0074】

・スイッチング素子として、IGBTに代えて、MOS-FETなどを用いてもよい。

50

【0075】

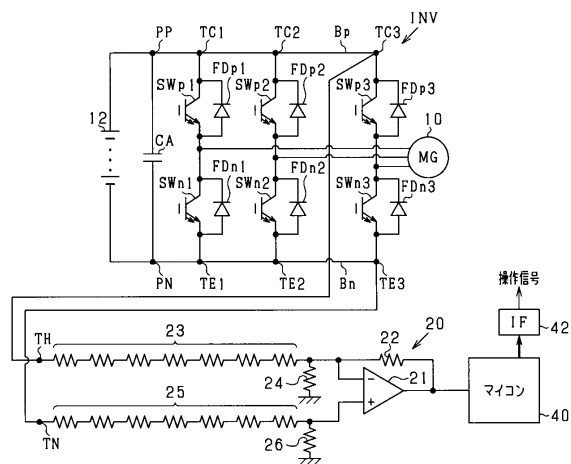
・電圧検出対象であるコンデンサの端子間電圧が低い場合、電圧検出回路における分圧回路を省略する構成としてもよい。

【符号の説明】

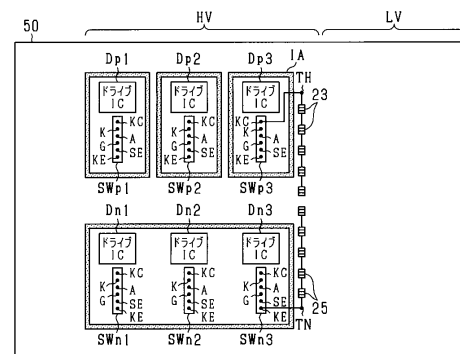
【0076】

20…電圧検出回路、40…制御装置（電圧取得手段）、Bp、Bn…バスバー、CA…コンデンサ（平滑コンデンサ）、SWp1～SWp3…上アームスイッチ、SWn1～SWn3…下アームスイッチ、TC3…コレクタ端子（高電圧側端子）、TE3…エミッタ端子（低電圧側端子）。

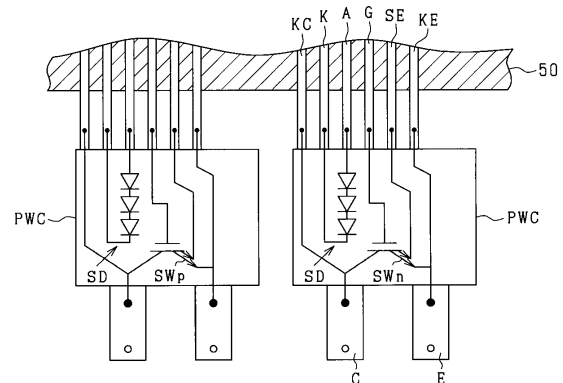
【図1】



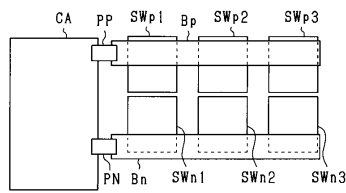
【図2】



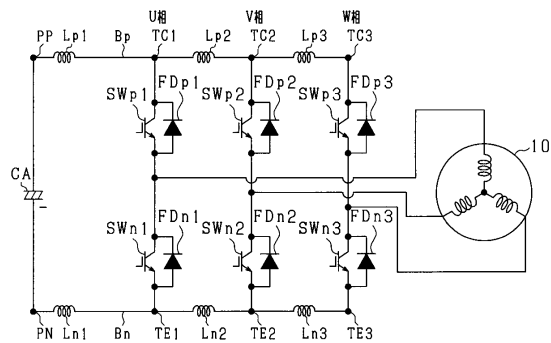
【図3】



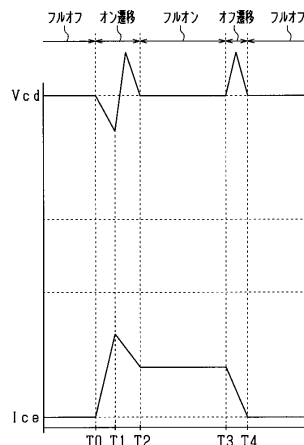
【図 4】



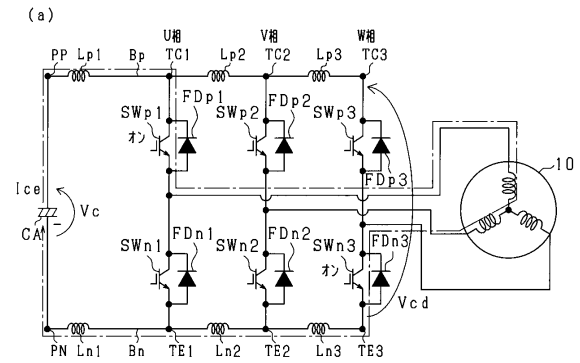
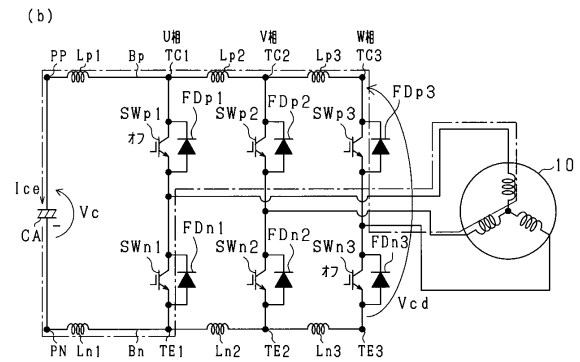
【図 5】



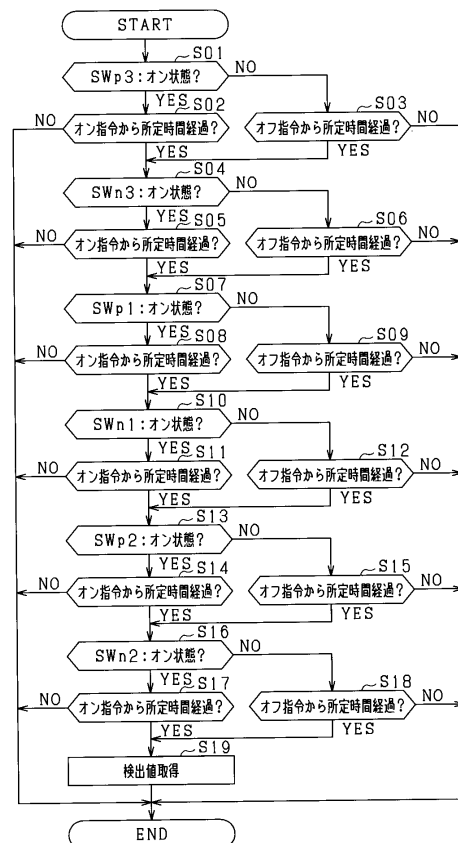
【図 7】



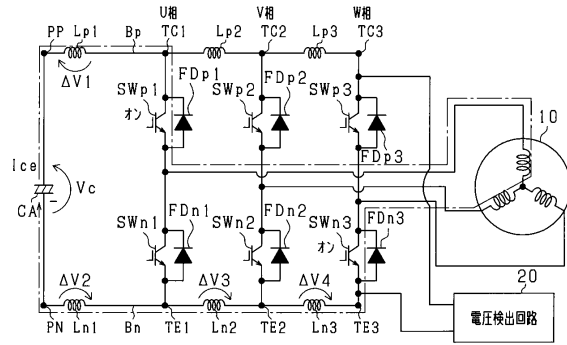
【図 6】



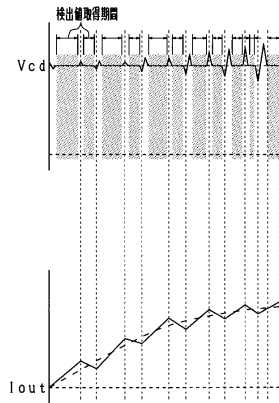
【図 8】



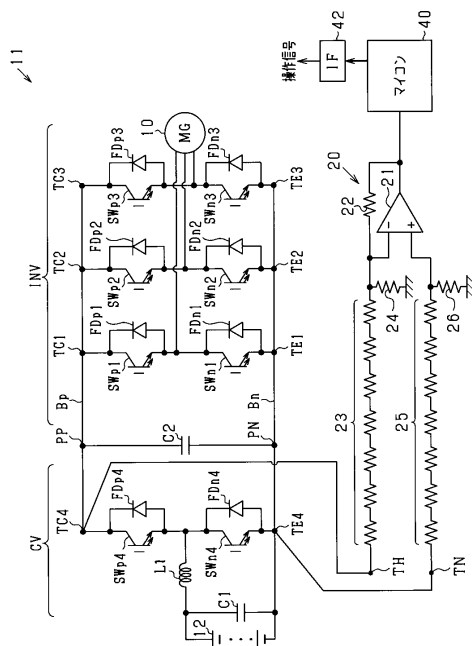
【図 9】



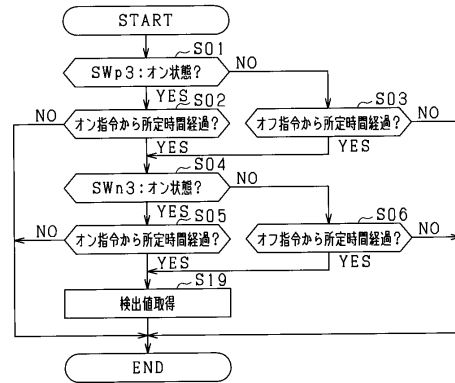
【図 10】



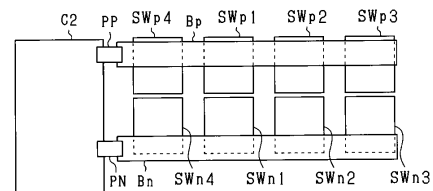
【図 12】



【図 11】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 栗栖 正和

- (56)参考文献 特開2011-055663 (JP, A)
特開2012-151974 (JP, A)
特開2015-115464 (JP, A)
国際公開第2013/145619 (WO, A1)
米国特許第09088226 (US, B2)
特開2015-065727 (JP, A)
特開2016-039639 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 1/00