

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-223274

(P2013-223274A)

(43) 公開日 平成25年10月28日(2013.10.28)

(51) Int.Cl.

H02M 7/483 (2007.01)

F I

H02M 7/483

テーマコード (参考)

5H007

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-91629 (P2012-91629)

(22) 出願日 平成24年4月13日 (2012.4.13)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(74) 代理人 100150441

弁理士 松本 洋一

(72) 発明者 谷津 誠

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

Fターム(参考) 5H007 AA01 AA07 BB06 CA01 CB05
CC04 CC06

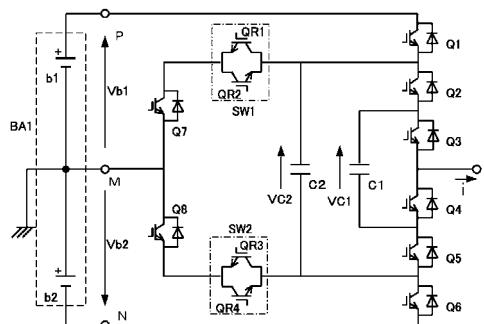
(54) 【発明の名称】 マルチレベル電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】直流電源を多数個直列接続し、多数個のスイッチ素子直列回路とダイオードを用いてマルチレベル変換回路を構成する方式では、電流が通過する半導体素子数が多く、発生損失が大きく、装置効率が低下する。

【解決手段】直流電源の正極と負極間に、第1～第6の半導体スイッチを直列接続した第1の半導体直列回路を接続し、第1と第2の半導体スイッチとの接続点と第5と第6の半導体スイッチとの接続点との間に、第1の双方向スイッチと第7及び第8の半導体スイッチと第2の双方向スイッチとを直列接続した第2の半導体直列回路を接続し、第3と第4の半導体スイッチの直列回路と並列に第1のコンデンサを、第2の半導体スイッチ直列回路と並列に第2のコンデンサを、第7と第8の半導体スイッチとの接続点を直流電源の零極に、各々接続し、第3と第4の半導体スイッチの接続点を交流端子とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 及び第 2 の直流電源が直列接続され、正極、零極及び負極の 3 つの端子を備えた直流電源回路と、前記直流電源回路の正極と負極との間に接続される、それぞれダイオードを逆並列接続した第 1 ~ 第 6 の半導体スイッチをこの順に直列接続した第 1 の半導体スイッチ直列回路と、前記第 1 の半導体スイッチと前記第 2 の半導体スイッチとの接続点と前記第 5 の半導体スイッチと前記第 6 の半導体スイッチとの接続点との間に接続される、第 1 の双方向スイッチとそれぞれダイオードを逆並列接続した第 7 及び第 8 の半導体スイッチと第 2 の双方向スイッチとをこの順に直列接続した第 2 の半導体スイッチ直列回路と、前記第 3 の半導体スイッチと前記第 4 の半導体スイッチとの直列回路と並列接続される第 1 のコンデンサと、前記第 2 の半導体スイッチ直列回路と並列接続される第 2 のコンデンサと、を備え、前記第 7 の半導体スイッチと前記第 8 の半導体スイッチとの接続点を前記直流電源回路の零極に接続し、前記第 3 の半導体スイッチと前記第 4 の半導体スイッチとの接続点を交流端子としたことを特徴とするマルチレベル電力変換装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 の半導体スイッチ又は前記第 6 の半導体スイッチは、各々が同一機能を有する複数の半導体スイッチを直列接続して構成し、前記直列接続された半導体スイッチは各々個別の制御信号により駆動されることを特徴とした請求項 1 に記載のマルチレベル電力変換装置。

【請求項 3】

前記第 1 又は第 2 の双方向スイッチは、逆耐圧のある半導体デバイスを逆並列接続した構成とし、前記逆並列接続した半導体デバイスの各々は個別の制御信号により駆動されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のマルチレベル電力変換装置。

20

【請求項 4】

前記第 1 又は第 2 の双方向スイッチは、それぞれダイオードを逆並列接続した半導体スイッチを逆直列接続した構成とし、前記逆直列接続した半導体デバイスの各々は個別の制御信号により駆動されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のマルチレベル電力変換装置。

【請求項 5】

前記直流電源回路の 3 つの端子の電圧レベルを各々 $+3E$ 、 0 、 $-3E$ とした時、前記第 1 のコンデンサの電圧を $1E$ に、前記第 2 のコンデンサの電圧を $2E$ に保持し、前記直流電源回路、前記第 1 のコンデンサ及び前記第 2 のコンデンサの各電圧を用いて、 $+3E$ 、 $+2E$ 、 $+1E$ 、 0 、 $-1E$ 、 $-2E$ 、 $-3E$ の 7 レベルの電圧を生成し、任意にその電圧レベルを選択して前記交流端子に出力することを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載のマルチレベル電力変換装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体電力変換装置の技術に関するもので、特に、複数の電圧レベルを直接出力するマルチレベル電力変換回路の構成技術に関する。

40

【背景技術】

【0002】

図 7 に、特許文献 1 に示された従来技術を用いた 7 レベル電力変換回路例を示す。本回路は 7 レベル（マルチレベル）変換回路の 1 相分で、この回路を 2 回路用いると単相変換回路を、3 回路用いると 3 相変換回路を構成できる。図 7 において、直流単電源 $b11 \sim b13$ 、 $b21 \sim b23$ が直列に接続された直流組電源 $BA2$ は、7 個の電圧レベルを持った端子 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 、 M 、 $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$ を備え、正極端子 $P3$ と負極端子 $N3$ との間には、半導体スイッチ（IGBT） $Q1 \sim Q12$ の直列回路が接続され、その半導体スイッチ $Q6$ と $Q7$ の接続点が交流端子 U に接続されている。また半導体スイッチ $Q1$ と $Q2$ の接続点と半導体スイッチ $Q7$ と $Q8$ の接続点の間には、ダイオード $D1$ と D

50

2 とを直列接続したダイオードアーム対 D A 1 が接続され、このダイオードアーム対 D A 1 の中点端子は直流単電源 b 1 1 と b 1 2 の接続点に接続されている。

【 0 0 0 3 】

同様に、半導体スイッチ Q 2 と Q 3 の接続点と半導体スイッチ Q 8 と Q 9 の接続点との間には、ダイオード D 3 と D 4 を直列接続したダイオードアーム対 D A 2 が接続され、このダイオードアーム対 D A 2 の中点端子は直流単電源 b 1 2 と b 1 3 の接続点に接続され、半導体スイッチ Q 3 と Q 4 の接続点と半導体スイッチ Q 9 と Q 1 0 の接続点との間には、ダイオード D 5 と D 6 を直列接続したダイオードアーム対 D A 3 の外側端子が接続され、このダイオードアーム対 D A 3 の中点端子は直流単電源 b 1 3 と b 2 1 の接続点に接続され、半導体スイッチ Q 4 と Q 5 の接続点と半導体スイッチ Q 1 0 と Q 1 1 の接続点との間には、ダイオード D 7 と D 8 を直列接続したダイオードアーム対 D A 4 が接続され、このダイオードアーム対 D A 4 の中点端子は直流単電源 b 2 1 と b 2 2 の接続点に接続され、半導体スイッチ Q 5 と Q 6 の接続点と半導体スイッチ Q 1 1 と Q 1 2 の接続点との間には、ダイオード D 9 と D 1 0 を直列接続したダイオードアーム対 D A 5 が接続され、このダイオードアーム対 D A 5 の中点端子は直流単電源 b 2 1 と b 2 2 の接続点に接続されている。

【 0 0 0 4 】

この様な回路構成において、半導体スイッチ Q 1 ~ Q 6 をオンさせ、Q 7 ~ Q 1 2 をオフにすると、交流端子 U には + 3 E の電圧が、半導体スイッチ Q 2 ~ Q 7 がオンで Q 8 ~ Q 1 2 及び Q 1 をオフとすると、交流端子 U には + 2 E の電圧が、半導体スイッチ Q 3 ~ Q 8 がオンで Q 9 ~ Q 1 2 及び Q 1 と Q 2 をオフとすると、交流端子 U には + 1 E の電圧が、半導体スイッチ Q 4 ~ Q 9 がオンで Q 1 ~ Q 3 及び Q 1 0 ~ Q 1 2 をオフとすると、交流端子 U にはゼロ電圧が、半導体スイッチ Q 5 ~ Q 1 0 がオンで Q 1 1、Q 1 2 及び Q 1 ~ Q 4 をオフとすると、交流端子 U には - 1 E の電圧が、半導体スイッチ Q 6 ~ Q 1 1 がオンで Q 1 2 及び Q 1 ~ Q 5 をオフとすると、交流端子 U には - 2 E の電圧が、半導体スイッチ Q 7 ~ Q 1 2 がオンで Q 1 ~ Q 6 をオフとすると、交流端子 U には - 3 E の電圧が、各々出力される。

この様に、各半導体スイッチ Q 1 ~ Q 1 2 のオンオフを調節することにより、交流端子 U には、7 レベルの電圧出力が可能となる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 1 - 1 6 4 5 6 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

図 7 の従来回路においては、直流組電源 B A 2 から交流端子 U の間で出力電流が通過する半導体スイッチの数が最大 6 直列となる。そのため、半導体スイッチにおける定常オン損失が大きくなり、装置全体の変換効率の低下を招き、小形化と低価格化が困難となる問題がある。

また、図 7 に示したような従来のマルチレベル電力変換回路においては、交流端子 U から出力される電圧、電流が正負対称な交流波形の場合においても直流単電源 b 1 1 ~ b 1 3 及び b 2 1 ~ b 2 4 のそれぞれが分担する電力は原理的に同じとにならないため、各々独立した直流単電源を必要とする。そのため、入力となる直流組電源 B A 2 には、独立に電力を供給できる 6 個の単電源を必要とするため、装置を製作する上で大きな制約となってしまう。この直流電源のアンバランスの問題については、例えば、I E E E - P E S C ' 9 5 のカンファレンスレコード pp1144 ~ 1150 の「A multi-level voltage-source converter system with balanced DC voltage」に紹介されている。

従って、本発明の課題は、従来に比べ出力電流が通過する半導体スイッチの数の低減により発生損失を低減可能で、且つ直流電源として 2 つの単電源で動作可能なマルチレベル電

力変換回路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述の課題を解決するために、第1の発明においては、第1及び第2の直流電源が直列接続され、正極、零極及び負極の3つの端子を備えた直流電源回路と、前記直流電源回路の正極と負極との間に接続される、それぞれダイオードを逆並列接続した第1～第6の半導体スイッチをこの順に直列接続した第1の半導体スイッチ直列回路と、前記第1の半導体スイッチと前記第2の半導体スイッチとの接続点と前記第5の半導体スイッチと前記第6の半導体スイッチとの接続点との間に接続される、第1の双方向スイッチとそれぞれダイオードを逆並列接続した第7及び第8の半導体スイッチと第2の双方向スイッチとをこの順に直列接続した第2の半導体スイッチ直列回路と、前記第3の半導体スイッチと前記第4の半導体スイッチとの直列回路と並列接続される第1のコンデンサと、前記第2の半導体スイッチ直列回路と並列接続される第2のコンデンサと、を備え、前記第7の半導体スイッチと前記第8の半導体スイッチとの接続点を前記直流電源回路の零極に接続し、前記第3の半導体スイッチと前記第4の半導体スイッチとの接続点を交流端子とする。

10

【0008】

第2の発明においては、第1の発明における前記第1の半導体スイッチ又は前記第6の半導体スイッチは、各々が同一機能を有する複数の半導体スイッチを直列接続して構成し、前記直列接続された半導体スイッチは各々個別の制御信号により駆動する。

【0009】

20

第3の発明においては、第1又は第2の発明における前記第1又は第2の双方向スイッチは、逆耐圧のある半導体デバイスを逆並列接続した構成とし、前記逆並列接続した半導体デバイスの各々は個別の制御信号により駆動する。

【0010】

第4の発明においては、第1又は第2の発明における前記第1又は第2の双方向スイッチは、それぞれダイオードを逆並列接続した半導体スイッチを逆直列接続した構成とし、前記逆直列接続した半導体デバイスの各々は個別の制御信号により駆動する。

【0011】

第5の発明においては、第1～第4の発明における前記直流電源回路の3つの端子の電圧レベルを各々 $+3E$ 、 0 、 $-3E$ とした時、前記第1のコンデンサの電圧を $1E$ に、前記第2のコンデンサの電圧を $2E$ に保持し、前記直流電源回路、前記第1のコンデンサ及び前記第2のコンデンサの各電圧を用いて、 $+3E$ 、 $+2E$ 、 $+1E$ 、 0 、 $-1E$ 、 $-2E$ 、 $-3E$ の7レベルの電圧を生成し、任意にその電圧レベルを選択して前記交流端子に出力する。

30

【発明の効果】

【0012】

本発明の回路を使用すると、入力となる直流電源から交流端子（出力）に至る経路で電流が通過する半導体スイッチの数が従来最大6個であったものが最大4個に減少し、損失を低減することが可能となる。結果として、装置の高効率化、低価格化、小形化が可能となる。さらに入力直流電源を単電源2つの組合せとすることが出来、従来回路に比べその適用上の制約が少なくなり、装置製作が容易となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1の実施例を示す回路図である。

【図2】第1の実施例回路での動作モードと動作波形例である。

【図3】第1の実施例回路での各半導体スイッチの動作図である。

【図4】本発明の第2の実施例を示す回路図である。

【図5】本発明の第3の実施例を示す回路図である。

【図6】本発明の第3の実施例での各半導体スイッチの動作図である。

【図7】従来例を示す回路図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の要点は、正極、零極及び負極の3つの端子を備えた直流電源回路の正極と負極との間に、第1～第6の半導体スイッチをこの順に直列接続した第1の半導体スイッチ直列回路を接続し、前記第1の半導体スイッチと前記第2の半導体スイッチとの接続点と前記第5の半導体スイッチと前記第6の半導体スイッチとの接続点との間に、第1の双方向スイッチと第7及び第8の半導体スイッチと第2の双方向スイッチとをこの順に直列接続した第2の半導体スイッチ直列回路を接続し、前記第3の半導体スイッチと前記第4の半導体スイッチとの直列回路と並列に第1のコンデンサを、前記第2の半導体スイッチ直列回路と並列に第2のコンデンサを接続し、前記第7の半導体スイッチと前記第8の半導体スイッチとの接続点を前記直流電源回路の零極に接続し、前記第3の半導体スイッチと前記第4の半導体スイッチとの接続点を交流端子としている点である。

10

【実施例1】

【0015】

図1に、本発明の第1の実施例を示す。図1はマルチレベル電力変換回路の1相分であり、直流単電源 b_1 と b_2 が直列に接続された構成の正極、零極及び負極の3つの端子を持つ直流組電源 BA_1 が直流電源回路として用いられる。このマルチレベル電力変換回路では、半導体スイッチ $Q_1 \sim Q_6$ が直列に接続された第1の半導体スイッチ直列回路が直流電源回路 BA_1 の正極 P と負極 N との間に接続され、半導体スイッチ Q_3 と Q_4 との直列回路と並列に第1のコンデンサとしてのコンデンサ C_1 が接続される。また半導体スイッチ Q_1 と Q_2 の接続点と半導体スイッチ Q_5 と Q_6 との接続点の間には第2のコンデンサとしてのコンデンサ C_2 と、双方向スイッチ SW_1 、半導体スイッチ Q_7 、 Q_8 及び双方向スイッチ SW_2 を直列接続した第2の半導体スイッチ直列回路とが、各々接続される。また、半導体スイッチ Q_7 と Q_8 と接続点は直流電源回路 BA_1 の零極端子 M に、半導体スイッチ Q_3 と Q_4 との接続点は交流端子 U に、各々接続される。

20

【0016】

このような回路構成における動作を図2、図3に基づいて以下に説明する。ここでは7レベル電力変換回路を前提にし、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} を $3Ed$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b2} を $-3Ed$ 、コンデンサ C_1 の電圧 V_{C1} を $1Ed$ 、コンデンサ C_2 の電圧 V_{C2} を $2Ed$ とした場合について説明する。

30

【0017】

スイッチングモードは図2及び図3に示すように16通りある。

スイッチングモード1は交流端子 U に $+3Ed$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q_1 、 Q_2 及び Q_3 をオンさせ、半導体スイッチ Q_4 と双方向スイッチ SW_1 の QR_1 をオフさせるモードである。出力電流は、直流単電源 b_1 半導体スイッチ Q_1 半導体スイッチ Q_2 半導体スイッチ Q_3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_1 、 Q_2 及び Q_3 の3個である。この時、半導体スイッチ Q_5 、 Q_6 、 Q_7 と双方向スイッチ SW_2 の QR_3 をオフしておくことで、半導体スイッチ Q_4 に印加される電圧はコンデンサ C_1 の電圧 V_{C1} ($1Ed$) となる。

【0018】

40

以下同様に半導体スイッチ Q_5 に印加される電圧はコンデンサ C_2 の電圧 V_{C2} ($2Ed$) からコンデンサ C_1 の電圧 V_{C1} ($1Ed$) を減算した電圧 ($V_{C2} - V_{C1} = 1Ed$) に、半導体スイッチ Q_6 に印加される電圧は (直流単電源 b_2 の電圧 $-V_{b2} +$ 直流単電源 b_1 の電圧 $V_{b1} -$ コンデンサ C_2 の電圧 $V_{C2} = 4Ed$) の電圧となる。また、双方向スイッチ SW_2 に印加される電圧は (直流単電源 b_1 の電圧 $V_{b1} -$ コンデンサ C_2 の電圧 $V_{C2} = 1Ed$) の電圧となる。半導体スイッチ Q_7 と双方向スイッチ SW_1 との直列回路に印加される電圧は直流単電源 b_1 の電圧 $V_{b1} = 3Ed$ となる。ここで、半導体スイッチ Q_7 と双方向スイッチ SW_1 との直列回路において各々の耐圧の大きさが凡そ2:1の関係であれば、半導体スイッチ Q_7 に印加される電圧は $2Ed$ に、双方向スイッチ SW_1 に印加される電圧は $1Ed$ になる。

50

【 0 0 1 9 】

以上の説明のように、7レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E_d$ 、の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧 V_{C_1} を $1E_d$ に、コンデンサ C_2 の電圧 V_{C_2} を $2E_d$ に保持していれば、交流端子 U の電圧は $+3E$ となり、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 及び各半導体スイッチ Q_4 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 に印加される電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 2 0 】

スイッチングモード2は、上述の説明と同様に7レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+2E_d$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q_1 、 Q_2 及び Q_4 をオンさせ、半導体スイッチ Q_3 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 及び双方向スイッチ SW_1 の QR_1 、 SW_2 の QR_3 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b_1 半導体スイッチ Q_1 半導体スイッチ Q_2 コンデンサ C_1 半導体スイッチ Q_4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_1 、 Q_2 及び Q_4 の3個である。交流端子 U には (直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} - コンデンサ C_1 の電圧 $V_{C_1} = 2E_d$) の電圧が出力される。この時、半導体スイッチ Q_3 に印加される電圧は $V_{C_1} = 1E_d$ 、半導体スイッチ Q_5 に印加される電圧は (コンデンサ C_2 の電圧 V_{C_2} - コンデンサ C_1 の電圧 $= 1E_d$) の電圧、半導体スイッチ Q_6 に印加される電圧は (直流単電源 b_2 の電圧 $-V_{b_2} +$ 直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} - コンデンサ C_2 の電圧 $V_{C_2} = 4E_d$) の電圧、 SW_2 に印加されるは (直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} - コンデンサ C_2 の電圧 $V_{C_2} = 1E_d$) の電圧、 Q_7 と SW_1 の直列回路に印加される電圧は直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} の電圧に、各々クランプされる。

【 0 0 2 1 】

ここで7レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流出力点 U の電位は $+2E$ となり、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 及び各半導体スイッチ Q_3 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 に印加される電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 2 2 】

スイッチングモード3は、上述の説明と同様に7レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+2E_d$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q_1 、 Q_3 及び Q_5 をオンさせ、半導体スイッチ Q_2 、 Q_4 、 Q_6 、 Q_7 及び双方向スイッチ SW_1 の QR_1 、 SW_2 の QR_3 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b_1 半導体スイッチ Q_1 コンデンサ C_2 半導体スイッチ Q_5 コンデンサ C_1 半導体スイッチ Q_3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_1 、 Q_5 及び Q_3 の3個である。交流端子 U には (直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} - コンデンサ C_2 の電圧 $V_{C_2} +$ コンデンサ C_1 の電圧 V_{C_1}) の電圧が出力される。

【 0 0 2 3 】

ここで7レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流出力点 U の電位は $+2E$ となり、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 及び各半導体スイッチ Q_2 、 Q_4 、 Q_6 、 Q_7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 2 4 】

スイッチングモード4は、上述の説明と同様に7レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+2E_d$ を出力するモードで、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 及び半導体スイッチ Q_2 、 Q_3 、 Q_8 をオンさせ、半導体スイッチ Q_1 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 をオフさせるモードである。出力電流は双方向スイッチ SW_2 半導体スイッチ Q_8 コンデンサ C_2 半導体スイッチ Q_2 半導体スイッチ Q_3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは SW_1 、 Q_8 、 Q_2 及び Q_3 の4個である。交流端子 U には

コンデンサ C 2 の電圧 V_{C2} が直接出力される。

【0025】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流出力点 U の電位は $+2E$ となり、半導体スイッチ Q 1、Q 4、Q 5、Q 6、Q 7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $3E$ 、 $2E$ となる。

【0026】

スイッチングモード 5 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+1E_d$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q 1、Q 4、Q 5 をオンさせ、半導体スイッチ Q 2、Q 3、Q 6、Q 7、双方向スイッチの Q R 1、Q R 3 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b_1 半導体スイッチ Q 1 コンデンサ C 2 半導体スイッチ Q 5 半導体スイッチ Q 4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 1、Q 5 及び Q 4 の 3 個である。交流端子 U には (直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} - コンデンサ C 2 の電圧 V_{C2}) が出力される。

【0027】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $+1E$ となり、双方向スイッチ S W 1、S W 2 及び半導体スイッチ Q 2、Q 3、Q 6、Q 7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $2E$ となる。

【0028】

スイッチングモード 6 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+1E_d$ を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 2、Q 4、Q 8 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 3、Q 5、Q 6、Q 7 をオフさせるモードである。出力電流は双方向スイッチ S W 2 半導体スイッチ Q 8 コンデンサ C 2 半導体スイッチ Q 2 コンデンサ C 1 半導体スイッチ Q 4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 8、S W 2、Q 2 及び Q 4 の 4 個である。交流端子 U には (コンデンサ C 2 の電圧 V_{C2} - コンデンサ C 1 の電圧 V_{C1}) が出力される。

【0029】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $+1E$ となり、半導体スイッチ Q 1、Q 3、Q 5、Q 6、Q 7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $3E$ 、 $2E$ となる。

【0030】

スイッチングモード 7 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $+1E_d$ を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 3、Q 5、Q 8 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 2、Q 4、Q 6、Q 7 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q 8 双方向スイッチ S W 2 半導体スイッチ Q 5 コンデンサ C 1 半導体スイッチ Q 3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは S W 2、Q 8、Q 5 及び Q 3 の 4 個である。交流端子 U にはコンデンサ C 1 の電圧 V_{C1} が出力される。

【0031】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $+1E$ となり、半導体スイッチ Q 1、Q 2、Q 4、Q 6、Q 7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $3E$ 、 $2E$ となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

スイッチングモード 8 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に 0 を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 4、Q 5、Q 8 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 2、Q 3、Q 6、Q 7 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q 8 双方向スイッチ S W 2 半導体スイッチ Q 5 半導体スイッチ Q 4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 8、S W 2、Q 5 及び Q 4 の 4 個である。交流端子 U には直流組電源の零極 M の電位 0 が出力される。

【 0 0 3 3 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b 1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b 2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は 0 となり、半導体スイッチ Q 1、Q 2、Q 3、Q 6、Q 7 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $3E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 3 4 】

スイッチングモード 9 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に 0 を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 2、Q 3、Q 7 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 4、Q 5、Q 6、Q 8 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q 7 双方向スイッチ S W 1 半導体スイッチ Q 2 半導体スイッチ Q 3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 7、S W 1、Q 2 及び Q 3 の 4 個である。交流端子 U には直流組電源の零極 M の電位 0 が出力される。

【 0 0 3 5 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b 1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b 2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は 0 となり、半導体スイッチ Q 1、Q 4、Q 5、Q 6、Q 8 のクランプ電圧は、各々 $3E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 3 6 】

スイッチングモード 10 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-1E$ を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 2、Q 4、Q 7 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 3、Q 5、Q 6、Q 8 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q 7 双方向スイッチ S W 1 半導体スイッチ Q 2 コンデンサ C 1 半導体スイッチ Q 4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 7、S W 1、Q 2 及び Q 4 の 4 個である。交流端子 U にはコンデンサ C 1 の電圧 $-V_{C1}$ が出力される。

【 0 0 3 7 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b 1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b 2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C 2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-1E$ となり、半導体スイッチ Q 1、Q 3、Q 5、Q 6、Q 8 のクランプ電圧は、各々 $3E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 3 8 】

スイッチングモード 11 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-1E$ を出力するモードで、双方向スイッチ S W 1、S W 2、半導体スイッチ Q 3、Q 5、Q 7 をオンさせ、半導体スイッチ Q 1、Q 2、Q 4、Q 6、Q 8 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q 7 双方向スイッチ S W 1 コンデンサ C 2 半導体スイッチ Q 2 コンデンサ C 1 半導体スイッチ Q 3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q 7、S W 1、Q 5 及び Q 3 の 4 個である。交流端子 U には (コンデンサ C 2 の電圧 $-V_{C2}$ + コンデンサ C 1 の電圧 V_{C1}) が出力

10

20

30

40

50

される。

【 0 0 3 9 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-1E$ となり、半導体スイッチ Q_1 、 Q_2 、 Q_4 、 Q_6 、 Q_8 のクランプ電圧は、各々 $3E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 4 0 】

スイッチングモード 12 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-1E$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q_2 、 Q_3 、 Q_6 をオンさせ、半導体スイッチ Q_1 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_8 を、 QR_1 、 QR_2 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b_2 半導体スイッチ Q_6 コンデンサ C_2 半導体スイッチ Q_2 半導体スイッチ Q_3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_6 、 Q_2 、 Q_3 及び Q_3 の 3 個である。交流端子 U には (直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} コンデンサ C_2 の電圧 V_{C_2}) が出力される。

【 0 0 4 1 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-1E$ となり、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 、半導体スイッチ Q_1 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_8 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 4 2 】

スイッチングモード 13 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-1E$ を出力するモードで、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 、半導体スイッチ Q_4 、 Q_5 、 Q_7 をオンさせ、半導体スイッチ Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_6 、 Q_8 をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチ Q_7 双方向スイッチ SW_1 コンデンサ C_2 半導体スイッチ Q_5 半導体スイッチ Q_4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_7 、 SW_1 、 Q_5 、 Q_4 の 4 個である。交流端子 U には (コンデンサ C_2 の電圧 $-V_{C_2}$) が出力される。

【 0 0 4 3 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-2E$ となり、半導体スイッチ Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_6 、 Q_8 のクランプ電圧は、各々 $3E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 4 4 】

スイッチングモード 14 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-2E$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q_2 、 Q_4 、 Q_6 をオンさせ、半導体スイッチ Q_1 、 Q_3 、 Q_5 、 Q_8 、 QR_2 、 QR_4 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b_2 半導体スイッチ Q_6 コンデンサ C_2 半導体スイッチ Q_2 コンデンサ C_1 半導体スイッチ Q_4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q_6 、 Q_2 、 Q_4 の 3 個である。交流端子 U には (直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} + コンデンサ C_2 の電圧 V_{C_2} - コンデンサ C_1 の電圧 V_{C_1}) が出力される。

【 0 0 4 5 】

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b_1 の電圧 V_{b_1} が $3E_d$ 、直流単電源 b_2 の電圧 V_{b_2} が $-3E$ の直流組電源 BA_1 を用い、コンデンサ C_1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C_2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-2E$ となり、双方向スイッチ SW_1 、 SW_2 、半導体スイッチ Q_1 、 Q_3 、 Q_5 、 Q_8 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【 0 0 4 6 】

スイッチングモード 15 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-2E$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q3、Q5、Q6 をオンさせ、半導体スイッチ Q1、Q2、Q4、Q8、QR2、QR4 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b2 半導体スイッチ Q6 半導体スイッチ Q5 コンデンサ C1 半導体スイッチ Q3 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q6、Q5、Q3 の 3 個である。交流端子 U には (直流単電源 b2 の電圧 V_{b2} + コンデンサ C1 の電圧 V_{C1}) が出力される。

【0047】

ここで、7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA1 を用い、コンデンサ C1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-2E$ となり、双方向スイッチ SW1、SW2、半導体スイッチ Q1、Q2、Q4、Q8 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

10

【0048】

スイッチングモード 16 は、上述の説明と同様に 7 レベル電力変換回路を前提とした場合、交流端子 U に $-2E$ を出力するモードで、半導体スイッチ Q4、Q5、Q6 をオンさせ、半導体スイッチ Q1、Q2、Q3、Q8、QR2、QR4 をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源 b2 半導体スイッチ Q6 半導体スイッチ Q5 半導体スイッチ Q4 交流端子 U の経路で流れ、電流が通過する半導体スイッチは Q6、Q5、Q4 の 3 個である。交流端子 U には直流単電源 b2 の電圧 V_{b2} が出力される。

20

【0049】

ここで、7 レベル変換回路として動作する場合、直流単電源 b1 の電圧 V_{b1} が $3E_d$ 、直流単電源 b2 の電圧 V_{b2} が $-3E$ の直流組電源 BA1 を用い、コンデンサ C1 の電圧を $1E$ に、コンデンサ C2 の電圧を $2E$ に保持しておれば、交流端子 U の電位は $-3E$ となり、双方向スイッチ SW1、SW2、半導体スイッチ Q1、Q2、Q3、Q8 のクランプ電圧は、各々 $1E$ 、 $1E$ 、 $4E$ 、 $1E$ 、 $1E$ 、 $2E$ となる。

【0050】

ここで、7 レベル変換回路として直流単電源の電圧 V_{b1} 、 V_{b2} が共に $+3E$ の時、上記「スイッチングモード 1」から「スイッチングモード 16」により交流端子 U には $+3E$ 、 $+2E$ 、 $+1E$ 、 0 、 $-1E$ 、 $-2E$ 、 $-3E$ の 7 レベルの電圧が出力可能となる。

30

【0051】

ここで、7 レベル変換回路として動作する時、「スイッチングモード 2」から「スイッチングモード 4」は同じ $+2E$ の出力となっているが、「スイッチングモード 2」においては交流端子 U からの交流出力電流 i の向きが正の時を考えると、その交流出力電流 i によりコンデンサ C1 が充電され、「スイッチングモード 3」ではコンデンサ C1 は放電され、コンデンサ C2 が充電される。さらに「スイッチングモード 4」ではコンデンサ C2 が放電される。

【0052】

交流端子 U が $+1E$ 出力時の「スイッチングモード 5」から「スイッチングモード 7」においては、交流出力電流 i により「スイッチングモード 5」ではコンデンサ C2 が充電され、「スイッチングモード 6」ではコンデンサ C1 が充電され、コンデンサ C2 が放電される。「スイッチングモード 7」ではコンデンサ C1 が放電される。すなわち、交流出力点 U に $+2E$ の電圧を出力する時には「スイッチングモード 2」から「スイッチングモード 4」、 $+1E$ の電圧を出力する時には「スイッチングモード 5」から「スイッチングモード 7」を各々適宜選択することにより、コンデンサ C1 の電圧 V_{C1} とコンデンサ C2 の電圧 V_{C2} を各々独立に調整することが可能になる。7 レベルの電力変換回路の例では、コンデンサ C1 の電圧 V_{C1} を $1E$ に、コンデンサ C2 の電圧 V_{C2} を $2E$ に制御している。

40

【0053】

回路の対象性から、「スイッチングモード 10」と「スイッチングモード 15」につい

50

ても同じ関係が成り立つ。また、「スイッチングモード１」、「スイッチングモード８」、「スイッチングモード９」、「スイッチングモード１６」ではコンデンサＣ１、Ｃ２に電流は流れないためコンデンサＣ１の電圧ＶＣ１とコンデンサＣ２の電圧ＶＣ２に変化は生じない。

【実施例２】

【００５４】

図４に、本発明の第２の実施例を示す。実施例１との相違点は、双方向スイッチＳＷ１及びＳＷ２の構成法の違いである。実施例１では、逆耐圧のある半導体スイッチＱＲ１～ＱＲ４を用いて逆並列接続により双方向スイッチを構成しているが、実施例２では、逆耐圧のない半導体スイッチＱＳ１～ＱＳ４を用いて逆直列接続により双方向スイッチを構成している点である。これらの動作では、ＱＳ１はＱＲ１と同じオンオフ動作で、同様にＱＳ２はＱＲ２と同じオンオフ動作で、ＱＳ３はＱＲ３と同じオンオフ動作で、ＱＳ４はＱＲ４と同じオンオフ動作で、各々スイッチングを行う。その結果、双方向スイッチＳＷ１とＳＷ２は、第１の実施例と第２の実施例で全く同一の動作と機能を持つことになる。

【実施例３】

【００５５】

図５に、本発明の第３の実施例の回路構成図を示す。第１の実施例との相違点は第１の実施例における半導体スイッチＱ１がＱ１ａとＱ１ｂとの直列接続回路に、半導体スイッチＱ６がＱ６ａとＱ６ｂとの直列接続回路に、各々変更になっている点である。

【００５６】

ここで、置き換えた各半導体スイッチの動作は図６に示すように、７レベルでの動作において、「スイッチングモード１」から「スイッチングモード３」と「スイッチングモード５」では、Ｑ１ａとＱ１ｂは両方ともオンで、Ｑ６ａとＱ６ｂは両方オフさせる。「スイッチングモード４」と「スイッチングモード６」から「スイッチングモード８」では、Ｑ１ａとＱ１ｂの一方だけオンで、Ｑ６ａとＱ６ｂは両方ともオフさせる。「スイッチングモード９」から「スイッチングモード１１」と「スイッチングモード１３」では、Ｑ１ａとＱ１ｂの両方ともオフで、Ｑ６ａとＱ６ｂの一方だけをオンさせる。「スイッチングモード１２」と「スイッチングモード１４」から「スイッチングモード１６」では、Ｑ１ａとＱ１ｂは両方ともオフで、Ｑ６ａとＱ６ｂは両方オンさせる。

【００５７】

このような動作とすることでＱ１ａとＱ１ｂ、Ｑ６ａとＱ６ｂは、各々図１におけるＱ１とＱ６に必要とされる原理的な最低耐圧４Ｅに対し半分程度の耐圧を持った半導体スイッチの直列接続回路に置き換えることが可能となる。この構成の場合、モード間の遷移において低い耐圧の半導体素子による個別のスイッチング動作となるため、スイッチング損失の低減が可能となり、装置の低損失化が可能となる。例えば数ｋＶ以上の高耐圧ＩＧＢＴを用いる場合、ある耐圧以上のＩＧＢＴでは極端にスイッチング特性や定常損失特性が悪化する場合があり、そのような場合にはこの技術を用いることで、特性の優れた低耐圧の素子が適用可能となり低損失化することが可能となる。

【００５８】

尚、上記実施例には直流を交流に変換するインバータ回路の例を示したが、交流を直流に変換するコンバータ回路への適用も可能である。

【産業上の利用可能性】

【００５９】

本発明は、少ない数の直流単電源からマルチレベルの交流電圧を作り出す変換回路技術であり、高電圧の電動機駆動装置、系統連系用電力変換装置などへの適用が可能である。

【符号の説明】

【００６０】

ｂ１、ｂ２、ｂ１１～ｂ１３、ｂ２１～ｂ２３・・・直流単電源

ＢＡ１、ＢＡ２・・・直流組電源（直流電源回路）

Ｑ１～Ｑ１２、Ｑ１ａ、Ｑ１ｂ、Ｑ６ａ、Ｑ６ｂ・・・ＩＧＢＴ（半導体スイッチ）

Q S 1 ~ Q S 4 . . . I G B T

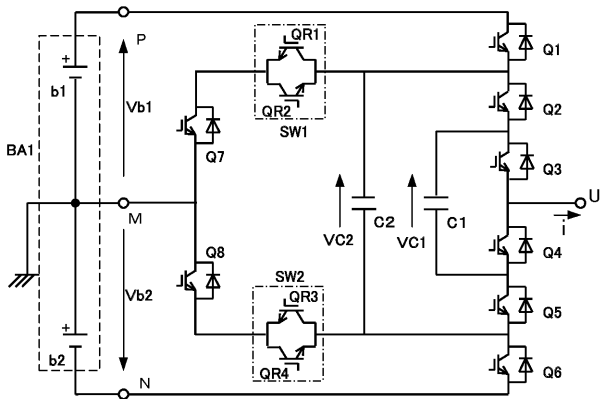
S W 1、S W 2 . . . 双方向スイッチ

D A 1 ~ D A 5 . . . ダイオードアーム対

Q R 1 ~ Q R 4 . . . 逆阻止形 I G B T

C 1、C 2 . . . コンデンサ

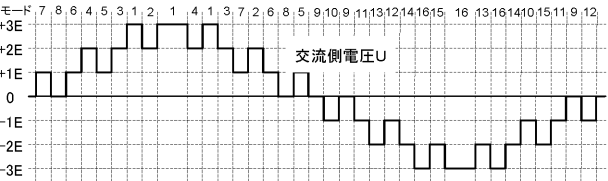
【 図 1 】



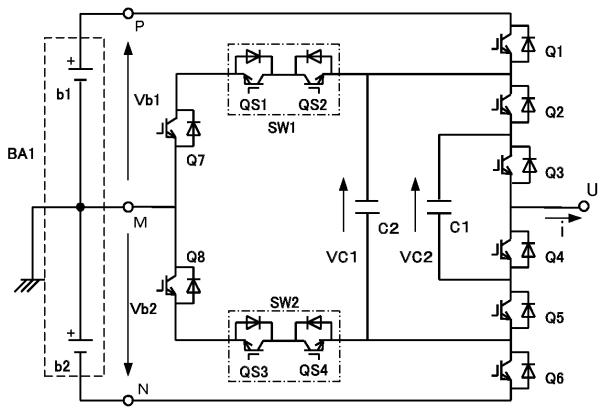
【 図 3 】

素子	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	QR1 QR3	QR2 QR4	出力	C1	C2
モード 1	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オン	+3E	--	--
2	オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オン	--	充電	--
3	オン	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オン	+2E	放電	充電
4	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	--	--	放電
5	オン	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オン	オフ	オン	オン	--	充電	--
6	オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	+1E	充電	放電
7	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	--	放電	--
8	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	0	--	--
9	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オン	--	--	--
10	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	放電	--	--
11	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オン	-1E	充電	放電
12	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オン	オフ	--	充電	--
13	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オン	オフ	オン	オン	--	--	放電
14	オフ	オン	オン	オフ	オン	オン	オン	オフ	オン	オフ	-2E	放電	充電
15	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オフ	--	充電	--
16	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オフ	オン	オフ	-3E	--	--

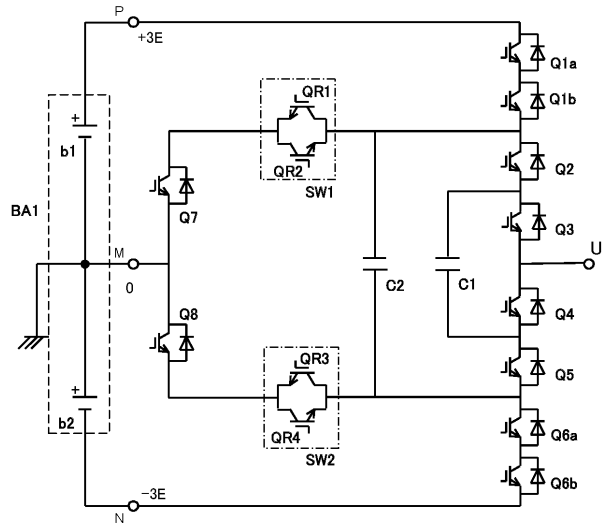
【 図 2 】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

素子	Q1a	Q1b	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6a	Q6b	Q7	Q8	QR1	QR2	出力	C1	C2
1	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	+3E	--	--
2	オン	オン	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	+2E	充電	--
3	オン	オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	+2E	放電	充電
4	オフ	オン	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	--	--	放電
5	オン	オフ	オン	オン	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	+1E	充電	放電
6	オフ	オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	+1E	充電	放電
7	オフ	オン	オフ	オン	オン	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	0	--	--
8	オフ	オン	オフ	オン	オン	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	0	--	--
9	オフ	オン	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-1E	充電	放電
10	オフ	オン	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-1E	充電	放電
11	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-2E	充電	放電
12	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-2E	充電	放電
13	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-3E	充電	放電
14	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-3E	充電	放電
15	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-3E	充電	放電
16	オフ	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	オン	-3E	充電	放電

【図 7】

