

(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 1

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

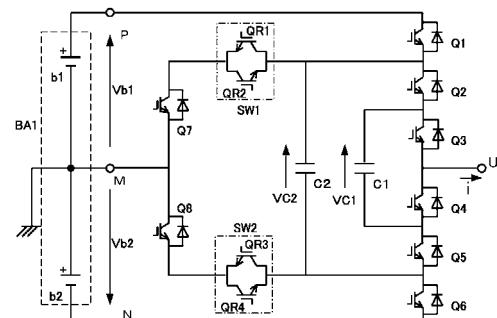
(54) 【発明の名称】マルチレベル電力変換装置

## (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。

**【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。

**【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。

**【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。

**【背景技術】**

**【0002】**

図7に、特許文献1に示された従来の技術を用いた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～b13、b21～b23が直列に接続された直流組電源B A 2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～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の接続点との間には、ダイオードD1とD

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の中点端子は直流单電源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の中点端子は直流单電源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の中点端子は直流单電源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の中点端子は直流单電源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の中点端子は直流单電源b 2 1とb 2 2の接続点に接続されている。

10

#### 【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+3E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+2E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+1E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-1E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-2E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-3Eの電圧が、各々出力される。

20

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。

30

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0 0 0 5】

【特許文献1】特開平11-164567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。

40

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单電源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ならないため、各々独立した直流单電源を必要とする。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個の单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つの单電源で動作可能なマルチレベル電

50

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。

20

**【0009】**

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b1とb2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BA1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Q1～Q6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BA1の正極Pと負極Nとの間に接続され、半導体スイッチQ3とQ4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C1が接続される。また半導体スイッチQ1とQ2の接続点と半導体スイッチQ5とQ6との接続点との間には第2のコンデンサとしてのコンデンサC2と、双方向スイッチSW1、半導体スイッチQ7、Q8及び双方向スイッチSW2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Q7とQ8と接続点は直流電源回路BA1の零極端子Mに、半導体スイッチQ3とQ4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b1の電圧Vb1を3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2を-3Ed、コンデンサC1の電圧VC1を1Ed、コンデンサC2の電圧VC2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Q1、Q2及びQ3をオンさせ、半導体スイッチQ4と双方向スイッチSW1のQR1をオフさせるモードである。出力電流は、直流単電源b1 半導体スイッチQ1 半導体スイッチQ2 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Q1、Q2及びQ3の3個である。この時、半導体スイッチQ5、Q6、Q7と双方向スイッチSW2のQR3をオフしておくことで、半導体スイッチQ4に印加される電圧はコンデンサC1の電圧VC1(1Ed)となる。

40

【0018】

以下同様に半導体スイッチQ5に印加される電圧はコンデンサC2の電圧VC2(2Ed)からコンデンサC1の電圧VC1(1Ed)を減算した電圧(VC2 - VC1 = 1Ed)に、半導体スイッチQ6に印加される電圧は(直流単電源b2の電圧-Vb2+直流単電源b1の電圧Vb1-コンデンサC2の電圧VC2=4Ed)の電圧となる。また、双方向スイッチSW2に印加される電圧は(直流単電源b1の電圧Vb1-コンデンサC2の電圧VC2=1Ed)の電圧となる。半導体スイッチQ7と双方向スイッチSW1との直列回路に印加される電圧は直流単電源b1の電圧Vb1=3Edとなる。ここで、半導体スイッチQ7と双方向スイッチSW1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Q7に印加される電圧は2Edに、双方向スイッチSW1に印加される電圧は1Edになる。

50

## 【0019】

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b1の電圧V<sub>b1</sub>が3Ed、直流単電源b2の電圧V<sub>b2</sub>が-3Ed、の直流組電源BA1を用い、コンデンサC1の電圧V<sub>C1</sub>を1Edに、コンデンサC2の電圧V<sub>C2</sub>を2Ed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SW1、SW2及び各半導体スイッチQ4、Q5、6、Q7に印加される電圧は、各々1E、1E、1E、1E、4E、2Eとなる。

## 【0020】

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+2Edを出力するモードで、半導体スイッチQ1、Q2及びQ4をオンさせ、半導体スイッチQ3、Q5、Q6、Q7及び双方向スイッチSW1のQR1、SW2のQR3をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源b1 半導体スイッチQ1

半導体スイッチQ2 コンデンサC1 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Q1、Q2及びQ4の3個である。交流端子Uには(直流単電源b1の電圧V<sub>b1</sub> - コンデンサC1の電圧V<sub>C1</sub> = 2Ed)の電圧が出力される。この時、半導体スイッチQ3に印加される電圧はV<sub>C1</sub> = 1Ed、半導体スイッチQ5に印加される電圧は(コンデンサC2の電圧V<sub>C2</sub> - コンデンサC1の電圧 = 1Ed)の電圧、半導体スイッチQ6に印加される電圧は(直流単電源b2の電圧 - V<sub>b2</sub> + 直流単電源b1の電圧V<sub>b1</sub> - コンデンサC2の電圧V<sub>C2</sub> = 4Ed)の電圧、SW2に印加されるは(直流単電源b1の電圧V<sub>b1</sub> - コンデンサC2の電圧V<sub>C2</sub> = 1Ed)の電圧、Q7とSW1の直列回路に印加される電圧は直流単電源b1の電圧V<sub>b1</sub>の電圧に、各々クランプされる。

## 【0021】

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<sub>b1</sub>が3Ed、直流単電源b2の電圧V<sub>b2</sub>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、交流出力点Uの電位は+2Eとなり、双方向スイッチSW1、SW2及び各半導体スイッチQ3、Q5、Q6、Q7に印加される電圧は、各々1E、1E、1E、1E、4E、2Eとなる。

## 【0022】

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+2Edを出力するモードで、半導体スイッチQ1、Q3及びQ5をオンさせ、半導体スイッチQ2、Q4、Q6、Q7及び双方向スイッチSW1のQR1、SW2のQR3をオフさせるモードである。出力電流は直流単電源b1 半導体スイッチQ1

コンデンサC2 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Q1、Q5及びQ3の3個である。交流端子Uには(直流単電源b1の電圧V<sub>b1</sub> - コンデンサC2の電圧V<sub>C2</sub> + コンデンサC1の電圧V<sub>C1</sub>)の電圧が出力される。

## 【0023】

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<sub>b1</sub>が3Ed、直流単電源b2の電圧V<sub>b2</sub>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、交流出力点Uの電位は+2Eとなり、双方向スイッチSW1、SW2及び各半導体スイッチQ2、Q4、Q6、Q7のクランプ電圧は、各々1E、1E、1E、1E、4E、2Eとなる。

## 【0024】

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+2Edを出力するモードで、双方向スイッチSW1、SW2及び半導体スイッチQ2、Q3、Q8をオンさせ、半導体スイッチQ1、Q4、Q5、Q6、Q7をオフさせるモードである。出力電流は双方向スイッチSW2 半導体スイッチQ8 コンデンサC2 半導体スイッチQ2 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SW1、Q8、Q2及びQ3の4個である。交流端子Uには

10

20

30

40

50

コンデンサ C 2 の電圧 V C 2 が直接出力される。

【 0 0 2 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 3 E d、直流単電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流出力点 U の電位は + 2 E 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 1 E、1 E、1 E、1 E、3 E、2 E となる。

【 0 0 2 6 】

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 + 1 E 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 b 1 - コンデンサ C 2 の電圧 V C 2 ）が出力される。

10

【 0 0 2 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 b 1 が 3 E d、直流単電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は + 1 E 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 1 E、1 E、1 E、1 E、4 E、2 E となる。

20

【 0 0 2 8 】

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 + 1 E 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 C 2 - コンデンサ C 1 の電圧 V C 1 ）が出力される。

30

【 0 0 2 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 3 E d、直流単電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は + 1 E 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 1 E、1 E、1 E、3 E、2 E となる。

【 0 0 3 0 】

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 + 1 E 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 C 1 が出力される。

40

【 0 0 3 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 3 E d、直流単電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は + 1 E 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 1 E、1 E、1 E、3 E、2 E となる。

50

## 【0032】

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SW1、SW2、半導体スイッチQ4、Q5、Q8をオンさせ、半導体スイッチQ1、Q2、Q3、Q6、Q7をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチQ8 双方向スイッチSW2 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Q8、SW2、Q5及びQ4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。

## 【0033】

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Vb1が3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2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0となり、半導体スイッチQ1、Q2、Q3、Q6、Q7のクランプ電圧は、各々1E、1E、1E、3E、2Eとなる。

10

## 【0034】

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SW1、SW2、半導体スイッチQ2、Q3、Q7をオンさせ、半導体スイッチQ1、Q4、Q5、Q6、Q8をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチQ7 双方向スイッチSW1 半導体スイッチQ2 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Q7、SW1、Q2及びQ3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。

20

## 【0035】

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Vb1が3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2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0となり、半導体スイッチQ1、Q4、Q5、Q6、Q8のクランプ電圧は、各々3E、1E、1E、1E、2Eとなる。

## 【0036】

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SW1、SW2、半導体スイッチQ2、Q4、Q7をオンさせ、半導体スイッチQ1、Q3、Q5、Q6、Q8をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチQ7 双方向スイッチSW1 半導体スイッチQ2 コンデンサC1 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Q7、SW1、Q2及びQ4の4個である。交流端子UにはコンデンサC1の電圧-Vc1が出力される。

30

## 【0037】

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Vb1が3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2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-1Eとなり、半導体スイッチQ1、Q3、Q5、Q6、Q8のクランプ電圧は、各々3E、1E、1E、1E、2Eとなる。

40

## 【0038】

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SW1、SW2、半導体スイッチQ3、Q5、Q7をオンさせ、半導体スイッチQ1、Q2、Q4、Q6、Q8をオフさせるモードである。出力電流は半導体スイッチQ7 双方向スイッチSW1 コンデンサC2 半導体スイッチQ2 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Q7、SW1、Q5及びQ3の4個である。交流端子Uには(コンデンサC2の電圧-Vc2 + コンデンサC1の電圧Vc1)が出力

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、直流单電源 b 1 の電圧 V b 1 が 3 E d、直流单電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は - 1 E 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 3 E、1 E、1 E、1 E、2 E となる。

**【 0 0 4 0 】**

スイッチングモード 1 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 - 1 E 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、Q R 1、Q R 2 をオフさせるモードである。出力電流は直流单電源 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（直流单電源 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。

10

**【 0 0 4 1 】**

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流单電源 b 1 の電圧 V b 1 が 3 E d、直流单電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は - 1 E となり、双方向スイッチ S W 1、S W 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 1 E、1 E、4 E、1 E、1 E、2 E となる。

20

**【 0 0 4 2 】**

スイッチングモード 1 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 - 1 E 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 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 S W 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、S W 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。

30

**【 0 0 4 3 】**

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流单電源 b 1 の電圧 V b 1 が 3 E d、直流单電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は - 2 E 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 3 E、1 E、1 E、1 E、2 E となる。

**【 0 0 4 4 】**

スイッチングモード 1 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 - 2 E 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、Q R 2、Q R 4 をオフさせるモードである。出力電流は直流单電源 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（直流单電源 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。

40

**【 0 0 4 5 】**

ここで 7 レベル変換回路として動作する場合、直流单電源 b 1 の電圧 V b 1 が 3 E d、直流单電源 b 2 の電圧 V b 2 が - 3 E の直流組電源 B A 1 を用い、コンデンサ C 1 の電圧を 1 E に、コンデンサ C 2 の電圧を 2 E に保持しておれば、交流端子 U の電位は - 2 E となり、双方向スイッチ S W 1、S W 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 1 E、1 E、4 E、1 E、1 E、2 E となる。

**【 0 0 4 6 】**

50

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Vb2 + コンデンサC1の電圧VC1)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Vb1が3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2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Vb2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Vb1が3Ed、直流単電源b2の電圧Vb2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Vb1、Vb2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VC1とコンデンサC2の電圧VC2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VC1を1Eに、コンデンサC2の電圧VC2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に電流は流れないとめコンデンサ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。

10

#### 【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。

20

##### 【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。

30

##### 【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。

30

##### 【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。

40

#### 【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)

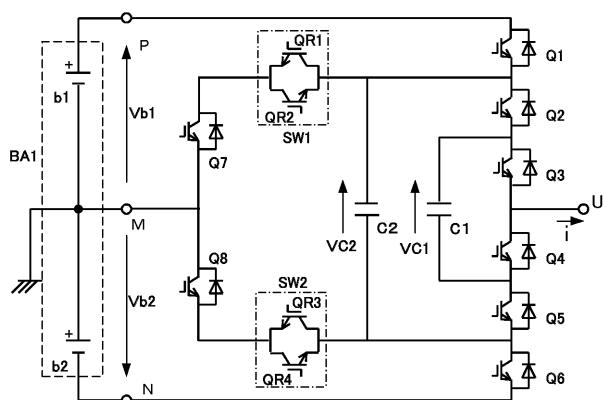
Q1～Q12、Q1a、Q1b、Q6a、Q6b・・・IGBT(半導体スイッチ)

50

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

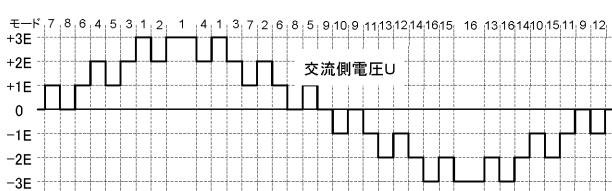
【図 1】



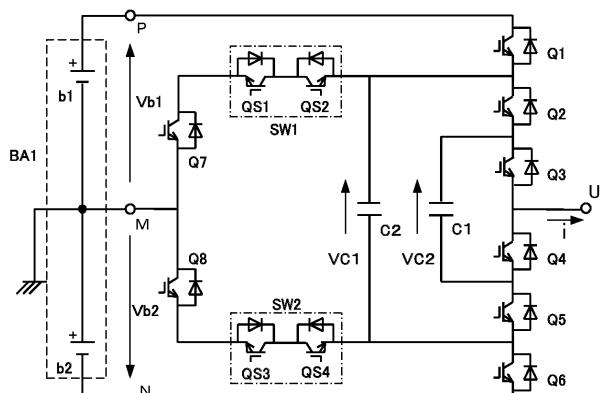
【図 3】

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

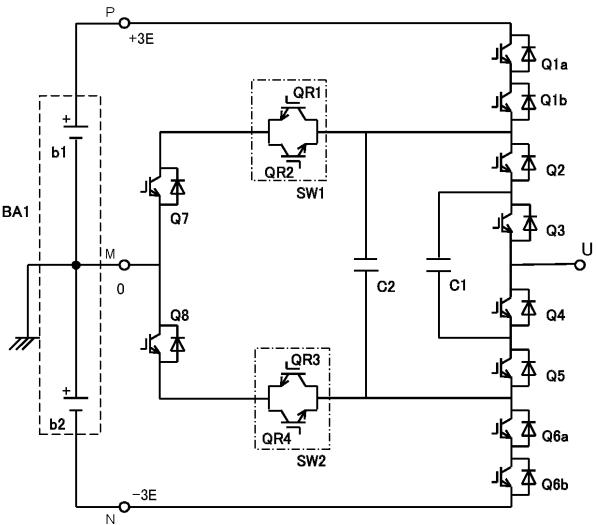
【図 2】



【図4】



【図5】



【図6】

素子 モード	Q1a	Q1b	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6a	Q6b	Q7	Q8	QR1 QR3	QR2 QR4	出力	C1	C2
1 オン	オン	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	+3E	--	--
2 オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	充電	--	--
3 オン	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	放電	充電	--
4 オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	放電	--
5 オン	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	充電	--
6 オフ	オン	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オフ	+1E	充電	放電
7 オフ	オン	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オフ	--	放電	--
8 オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オン	オフ	0	--	--
9 オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	--	--
10 オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	放電	--
11 オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	-1E	充電	放電
12 オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	充電	--
13 オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	放電	--
14 オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	-2E	放電	充電
15 オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	--	充電	--
16 オフ	オフ	オフ	オフ	オン	オン	オフ	オフ	オフ	オン	オフ	オン	オフ	-3E	--	--

【図7】

