

(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2011-24369

(P2011-24369A)

(43) 公開日 平成23年2月3日(2011.2.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2M 7/483 (2007.01)	HO2M 7/483 ZHV	5H007
HO2M 7/48 (2007.01)	HO2M 7/48 U	5H115
HO2M 3/155 (2006.01)	HO2M 3/155 U	5H730
B60L 3/00 (2006.01)	HO2M 7/48 E	
B60L 9/18 (2006.01)	B60L 3/00 J	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-168835 (P2009-168835)
 (22) 出願日 平成21年7月17日 (2009.7.17)

(71) 出願人 591083244
 富士電機システムズ株式会社
 東京都品川区大崎一丁目11番2号
 (74) 代理人 100105854
 弁理士 廣瀬 一
 (74) 代理人 100103850
 弁理士 田中 秀▲てつ▼
 (72) 発明者 滝沢 聡毅
 東京都日野市富士町1番地 富士電機アド
 バンストテクノロジー株式会社内
 (72) 発明者 鶴頭 政和
 東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士
 電機デバイステクノロジー株式会社内
 Fターム(参考) 5H007 BB06 CA01 CB02 CB05 CC12
 DA06 DB01 EA02
 最終頁に続く

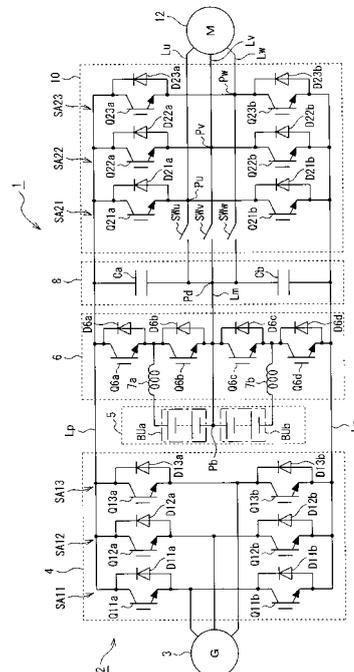
(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【要約】

【課題】電力変換部と負荷との高効率化を図りながら、必要に応じてバッテリーや直流回路のコンデンサ及び電力変換部のスイッチング素子が異常となった場合に、負荷の正常動作を確保することができる電力変換装置を提供する。

【解決手段】電力変換装置は、少なくとも2つのバッテリーユニットを直列に接続したバッテリーの電力を調整するDC - DC変換部と、前記DC - DC変換部から導出された正極側ライン及び負極側ライン間に直列に接続された少なくとも2つの平滑用コンデンサを有する直流回路と、該直流回路に接続されて直流電力を交流電力に変換して電動機に供給する電力変換部と、前記直流回路の中間電位と、前記電力変換部の交流出力点とを接続する双方向のスイッチ素子と、前記直流回路の中間電位と、前記バッテリーのバッテリーユニット間の中間電位とを短絡する短絡回路とを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 2 つのバッテリーユニットを直列に接続したバッテリーの電力を調整する DC - DC 変換部と、

前記 DC - DC 変換部から導出された正極側ライン及び負極側ライン間に直列に接続された少なくとも 2 つの平滑用コンデンサを有する直流回路と、

該直流回路に接続されて直流電力を交流電力に変換して電動機に供給する電力変換部と

、
前記直流回路の中間電位と、前記電力変換部の交流出力点とを接続する双方向のスイッチ素子と、

前記直流回路の中間電位と、前記バッテリーのバッテリーユニット間の中間電位とを短絡する短絡回路と

を備えたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 2】

発電によって直流電力を出力する直流電源部と、

少なくとも 2 つのバッテリーユニットを直列に接続したバッテリーの電力を調整する DC - DC 変換部と、

前記直流電源部及び前記 DC - DC 変換部が接続された正極側ライン及び負極側ライン間に直列に接続された少なくとも 2 つの平滑用コンデンサを有する直流回路と、

該直流回路に接続されて直流電力を交流電力に変換して電動機に供給する電力変換部と

、
前記直流回路の中間電位と、前記電力変換部の交流出力点とを接続する双方向のスイッチ素子と、

前記直流回路の中間電位と、前記バッテリーのバッテリーユニット間の中間電位とを短絡する短絡回路と

を備えたことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 3】

前記直流電源部は、内燃機関によって駆動される交流発電機と該交流発電機の交流電力を直流電力に変換する電力変換部とを備えていることを特徴とする請求項 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

前記直流電源部は、燃料電池及び太陽電池の少なくとも一方で構成される直流発電装置で構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 5】

前記短絡回路は、前記直流回路の中間電位と前記バッテリーの中間電位との間に介挿されたスイッチ回路を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 6】

前記電動機を低速駆動する場合と高速駆動する場合とで前記電力変換部を構成するスイッチング素子の駆動制御態様を変更するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 7】

前記電動機を低速駆動する場合と、中速駆動する場合と、高速駆動する場合とで前記電力変換部を構成するスイッチング素子の駆動制御態様を変更するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 8】

前記電動機を低速駆動する場合には、前記電力変換部の任意の 1 相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態とする相以外のスイッチング素子をオンオフ制御することにより前記電動機を駆

10

20

30

40

50

動し、前記電動機を高速駆動する場合には、前記電力変換部の全スイッチング素子をオンオフ制御して2レベル回路として電動機を駆動することを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

【請求項9】

前記電動機を低速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子とをオンオフ制御することにより、3レベル回路として前記電動機を駆動し、高速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチ素子をオンオフ制御することで2レベル回路として前記電動機を駆動することを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

【請求項10】

前記電動機を低速駆動する場合は、前記電力変換部の任意の1相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態の相以外のスイッチング素子のオンオフ制御で電動機を駆動し、前記電動機を高速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子をオンオフ制御することで3レベル回路として電動機を駆動することを特徴とする請求項6に記載の電力変換装置。

【請求項11】

前記電動機を低速駆動する場合は、前記電力変換部の任意の1相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態の相以外のスイッチング素子のオンオフ制御で電動機を駆動し、前記電動機を中速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子をオンオフ制御することで3レベル回路として電動機を駆動し、前記電動機を高速運転する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子をオンオフ制御して2レベル回路として前記電動機を駆動することを特徴とする請求項7に記載の電力変換装置。

【請求項12】

前記バッテリーの少なくとも一方のバッテリーユニットの異常を検出したときに、前記直流回路の中間電位と前記バッテリーの中間電位との間に介挿されたスイッチ回路を開放し、正常なバッテリーユニットの直流電力を前記DC-DC変換部で調整して前記直流回路に供給することを特徴とする請求項5に記載の電力変換装置。

【請求項13】

前記電力変換部を構成するスイッチングアームの異常を検出したときに、前記直流回路の中間電位とスイッチングアームが異常となった故障相の交流出力間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の中で前記故障相以外のスイッチングアームをオンオフ制御して前記電動機を駆動することを特徴とする請求項1乃至12の何れか又は2に記載の電力変換装置。

【請求項14】

前記直流回路の一方のコンデンサの異常を検出したときに、異常となったコンデンサとは反対電位側の昇圧回路を構成するスイッチング素子を常時オン状態とし、且つ同電位側のバッテリーを開放状態とし、さらに前記電力変換部の各スイッチングアームのオンオフ制御による2レベル回路で前記電動機を駆動することを特徴とする請求項1乃至13の何れか1項に記載の電力変換装置。

【請求項15】

前記DC-DC変換部は、前記バッテリーの正極側が昇圧用コイルを介して正極側ライン及び中間電位ライン間に直列に接続された一対のスイッチング素子を有する正極側スイッチングアームと、中間電位ライン及び負極ライン間に直列に接続された一対のスイッチング素子を有する負極側スイッチングアームと、前記正極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点と前記バッテリーの正極側との間に介挿された第1の昇圧用リアクトル

10

20

30

40

50

と、前記負極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点と前記バッテリーの負極側との間に介挿された第2の昇圧用リアクトルとを備えていることを特徴とする請求項1乃至14の何れか1項に記載の電力変換装置。

【請求項16】

前記DC-DC変換部は、前記バッテリーの正極側が昇圧用リアクトルを介して正極側ライン及び中間電位ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する正極側スイッチングアームと、中間電位ライン及び負極ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する負極側スイッチングアームと、前記短絡回路に介挿された昇圧用リアクトルとを備え、前記正極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点が前記バッテリーの正極側に接続され、前記負極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点が前記バッテリーの負極側に接続されていることを特徴とする請求項1乃至14の何れか1項に記載の電力変換装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくともバッテリーから供給される電力によって電動機を駆動するハイブリッド電気自動車、電気自動車などに適用可能な電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ハイブリッド電気自動車に代表される電力変換装置としては、例えば図25に示す構成を有するものが知られている。すなわち、交流発電機101で発電される三相交流電力を直流電力に変換するAC-DC変換回路で構成される直流電源部102と、この直流電源部102の正極側ラインLp及び負極側ラインLn間に接続されたバッテリー103の直流電圧を昇圧するDC-DC変換回路104と、このDC-DC変換回路104と並列に接続された平滑用コンデンサを有する直流回路105と、この直流回路105に接続された直流を交流に変換するDC-AC変換回路106とで構成されている。そして、DC-AC変換回路106の交流出力点から出力される三相交流電力が交流電動機107に供給される。

20

【0003】

このようなハイブリッド電気自動車では、図示しないが交流電動機107と直結又は減速機などを介して車両の車輪を回転駆動する。また、ブレーキ時や下り坂の走行時などでは、交流電動機107が発電機動作となって、パワーフローは交流電動機107側からバッテリー103または交流発電機101側に流れる回生状態となる。このため、バッテリー103は、交流電動機107を駆動するための補助的なパワー出力(バッテリー放電)と、交流電動機107から電力が供給される回生状態で、回生エネルギーの回収(バッテリー充電)を行う。その際、DC-DC変換回路104を構成するリアクトルと半導体スイッチ素子及びこれに逆並列に接続されたダイオードとで、バッテリー放電時には、バッテリー電圧を直流回路105の電圧に昇圧し、バッテリー充電時には直流回路105の電圧をバッテリー電圧へ降圧する。

30

【0004】

また、同様の動作で、バッテリー103と交流発電機101との間でもパワーの授受が可能となる。

40

このため、上記図25の回路構成とすることにより、交流発電機101と交流電動機107とバッテリー103との間で、相互にパワーの授受が可能となる。

この図25に示す電力変換装置のうち、直流回路を正極ラインLp及び負極ラインLn間に直列に接続された一对のコンデンサで構成し、電力変換部を4つのスイッチング素子を直列に接続した構成を有するインバータアームを3組並列に接続した構成とし、各インバータアームの第2番目及び第3番目のスイッチング素子の接続点から交流出力端子を導出し、この接続点を挟む第1番目及び第2番目のスイッチング素子の接続点に直流回路のコンデンサの接続点でなる中性電位がダイオードを介して供給され、第3番目及び第4番

50

目のスイッチング素子の接続点がダイオードを介して直流回路の中間電位に接続した3レベル回路の電力変換部を有する構成も知られている(例えば、特許文献1参照)。

【0005】

また、蓄電用のバッテリーまたはコンデンサの電圧を直流電源の概ね1/2の電圧として出力の単相のうちの1相の電圧に使用すると共に、出力の三相の内の残り2相の電圧を蓄電用バッテリーまたはコンデンサの電位を基準にして出力するように制御するインバータ制御手段を設けることにより、蓄電用バッテリーまたはコンデンサの電位をモータの1端子の電圧としてそのまま利用して1相分の半導体スイッチ素子を省略し、4個の半導体スイッチ素子で三相モータを駆動するようにした電力変換装置も提案されている(例えば、特許文献2参照)。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平5-308778号公報

【特許文献2】特開2005-57938号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、図25に示す従来例にあっては、DC-AC変換部106が2レベルの変換回路構成を有するので、スイッチング素子をオンオフ制御するたびに電圧変動が大きくなる。そのため、スイッチ素子(IGBT及びダイオード)のスイッチング損失が大きくなるとともに、交流電動機107側も流れる電流のリプルが大きくなるため、キャリア周波数成分による高調波損失が増加し、交流電動機の効率低下を招くという未解決の課題がある。この未解決の課題を解決するためには、DC-AC変換部106を特許文献1に記載された従来例のように3レベル構成とすることが考えられるが、DC-AC変換部106を常時3レベル構成とすると、DC-AC変換部106を構成する12個のスイッチング素子の制御が複雑となり、DC-AC変換部106を制御する制御回路の負担が大きくなるという新たな課題がある。

20

【0008】

また、図25に示す従来例、特許文献1及び2に記載された従来例にあっては、通常、ハイブリッド電気自動車は、1ユニットが数Vのバッテリーを数十個直列に接続することにより、数百Vのバッテリーとして自動車に搭載する。このため、何らかの原因で任意の1ユニットのみが故障した場合、バッテリーユニットが直列接続されていることから、バッテリーシステム全体が使用不可となる。そのため、図25に示す従来例のような単純にバッテリーを直列に接続するバッテリーシステムでは、信頼性の向上を図ることができないという未解決の課題がある。

30

【0009】

さらに、図25に示す従来例、特許文献1及び2に記載された従来例にあっては、直流回路部105のコンデンサC0が故障した場合、直流の平滑化が不可能となり、また、エネルギーの蓄積要素がなくなるため、電力変換装置として正常動作させることができなくなるという未解決の課題もある。

40

さらにまた、図25に示す従来例、特許文献1及び2に記載された従来例にあっては、DC-AC変換部107を構成する任意の相のIGBT又はダイオードが異常となった場合には交流電動機107の三相平衡運転ができなくなり、交流電動機107を正常に動作させることができないという未解決の課題もある。

【0010】

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、電力変換部と交流電動機との高効率化を図りながら、必要に応じてバッテリーや直流回路のコンデンサ及び電力変換部のスイッチング素子が異常となった場合でも、交流電動機の正常動作を確保することができる電力変換装置を提供することを目的としている。

50

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明の一の形態に係る電力変換装置は、少なくとも2つのバッテリーユニットを直列に接続したバッテリーの電力を調整するDC-DC変換部と、前記DC-DC変換部から導出された正極側ライン及び負極側ライン間に直列に接続された少なくとも2つの平滑用コンデンサを有する直流回路と、該直流回路に接続されて直流電力を交流電力に変換して電動機に供給する電力変換部と、前記直流回路の中間電位と、前記電力変換部の交流出力点とを接続する双方向のスイッチ素子と、前記直流回路の中間電位と、前記バッテリーのバッテリーユニット間の中間電位とを短絡する短絡回路とを備えたことを特徴としている。

10

【0012】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、発電によって直流電力を出力する直流電源部と、少なくとも2つのバッテリーユニットを直列に接続したバッテリーの電力を調整するDC-DC変換部と、前記直流電源部及び前記DC-DC変換部が接続された正極側ライン及び負極側ライン間に直列に接続された少なくとも2つの平滑用コンデンサを有する直流回路と、該直流回路に接続されて直流電力を交流電力に変換して電動機に供給する電力変換部と、前記直流回路の中間電位と、前記電力変換部の交流出力点とを接続する双方向のスイッチ素子と、前記直流回路の中間電位と、前記バッテリーのバッテリーユニット間の中間電位とを短絡する短絡回路とを備えたことを特徴としている。

20

【0013】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記直流電源部は、内燃機関によって駆動される交流発電機と該交流発電機の交流電力を直流電力に変換する電力変換部とを備えていることを特徴としている。

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記直流電源部は、燃料電池及び太陽電池の少なくとも一方で構成される直流発電装置で構成されていることを特徴としている。

【0014】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記短絡回路は、前記直流回路の中間電位と前記バッテリーの中間電位との間に介挿されたスイッチ回路を有することを特徴としている。

30

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合と高速駆動する場合とで前記電力変換部を構成するスイッチング素子の駆動制御態様を変更するようにしたことを特徴としている。

【0015】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合と、中速駆動する場合と、高速駆動する場合とで前記電力変換部を構成するスイッチング素子の駆動制御態様を変更するようにしたことを特徴としている。

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合には、前記電力変換部の任意の1相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態とする相以外のスイッチング素子をオンオフ制御することにより前記電動機を駆動し、前記電動機を高速駆動する場合には、前記電力変換部の全スイッチング素子をオンオフ制御して2レベル回路として電動機を駆動することを特徴としている。

40

【0016】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子とをオンオフ制御することにより、3レベル回路として前記電動機を駆動し、高速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチ素子をオンオフ制御することで2レベル回路として前記電動機を駆動することを特徴としている。

50

【0017】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合は、前記電力変換部の任意の1相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態の相以外のスイッチング素子のオンオフ制御で電動機を駆動し、前記電動機を高速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子をオンオフ制御することで3レベル回路として電動機を駆動することを特徴としている。

【0018】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電動機を低速駆動する場合は、前記電力変換部の任意の1相分のスイッチング素子を常時オフ状態とし、当該常時オフ状態とした相の交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の常時オフ状態の相以外のスイッチング素子のオンオフ制御で電動機を駆動し、前記電動機を中速駆動する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子と、交流出力点と前記直流回路の中間電位との間に接続された双方向のスイッチ素子をオンオフ制御することで3レベル回路として電動機を駆動し、前記電動機を高速運転する場合には、前記電力変換部のスイッチング素子をオンオフ制御して2レベル回路として前記電動機を駆動することを特徴としている。

【0019】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記バッテリーの少なくとも一方のバッテリーユニットの異常を検出したときに、前記直流回路の中間電位と前記バッテリーの中間電位との間に介挿されたスイッチ回路を開放し、正常なバッテリーユニットの直流電力を前記DC-DC変換部で調整して前記直流回路に供給することを特徴としている。

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記電力変換部を構成するスイッチングアームの異常を検出したときに、前記直流回路の中間電位とスイッチングアームが異常となった故障相の交流出力間に接続された双方向のスイッチ素子を常時オン状態とし、前記電力変換部の中で前記故障相以外のスイッチングアームをオンオフ制御して前記電動機を駆動することを特徴としている。

【0020】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記直流回路の一方のコンデンサの異常を検出したときに、異常となったコンデンサとは反対電位側の昇圧回路を構成するスイッチング素子を常時オン状態とし、且つ同電位側のバッテリーを開放状態とし、さらに前記電力変換部の各スイッチングアームのオンオフ制御による2レベル回路で前記電動機を駆動することを特徴としている。

【0021】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記DC-DC変換部は、前記バッテリーの正極側が昇圧用コイルを介して正極側ライン及び中間電位ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する正極側スイッチングアームと、中間電位ライン及び負極ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する負極側スイッチングアームと、前記正極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点と前記バッテリーの正極側との間に介挿された第1の昇圧用リアクトルと、前記負極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点と前記バッテリーの負極側との間に介挿された第2の昇圧用リアクトルとを備えていることを特徴としている。

【0022】

また、本発明の他の形態に係る電力変換装置は、前記DC-DC変換部は、前記バッテリーの正極側が昇圧用リアクトルを介して正極側ライン及び中間電位ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する正極側スイッチングアームと、中間電位ライン及び負極ライン間に直列に接続された一对のスイッチング素子を有する負極側スイッチングアームと、前記短絡回路に介挿された昇圧用リアクトルとを備え、前記正極側スイッチン

10

20

30

40

50

グアームのスイッチング素子間の接続点が前記バッテリーの正極側に接続され、前記負極側スイッチングアームのスイッチング素子間の接続点が前記バッテリーの負極側に接続されていることを特徴としている。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、電力変換部や負荷の高効率運転が可能となるとともに、バッテリーのバッテリーユニットや直流回路の平滑用コンデンサ、電力変換部のスイッチングアーム等に異常が発生した場合でも負荷の正常動作を確保することができるという効果を得ることができる。

しかも、上記効果を有する電力変換装置をハイブリッド電気自動車や電気自動車の電動機駆動装置に適用することにより、小型低コストで、且つ高信頼性を有するハイブリッド電気自動車や電気自動車を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の第1の実施形態を示す電力変換装置のブロック図である。

【図2】DC-DC変換部の昇圧動作を説明する動作説明図である。

【図3】第1の実施形態に適用しうる双方向性スイッチ回路の構成例を示す回路図である。

【図4】第1の実施形態の制御部を含めたブロック図である。

【図5】第1の実施形態における4素子駆動状態の動作説明図である。

【図6】第1の実施形態における4素子駆動状態の動作説明図である。

【図7】第1の実施形態における3レベル駆動状態の動作説明図である。

【図8】第1の実施形態における3レベル駆動状態の動作説明図である。

【図9】3レベル駆動時のインバータ出力線間電圧波形を示す波形図である。

【図10】第1の実施形態における2レベル駆動状態の動作説明図である。

【図11】第1の実施形態における2レベル駆動状態の動作説明図である。

【図12】第1の実施形態における4素子方式及び2レベル方式を選択制御する制御部を示すブロック図である。

【図13】第1の実施形態における3レベル方式及び2レベル方式を選択制御する制御部を示すブロック図である。

【図14】第1の実施形態における4素子方式及び3レベル方式を選択制御する制御部を示すブロック図である。

【図15】第1の実施形態における4素子方式、3レベル方式及び2レベル方式を選択制御する制御部を示すブロック図である。

【図16】第1の実施形態における電力変換部のスイッチングアーム異常状態の動作説明図である。

【図17】本発明の第1の実施形態の変形例を示すブロック図である。

【図18】本発明の第1の実施形態の他の変形例を示すブロック図である。

【図19】本発明の第2の実施形態を示すブロック図である。

【図20】第2の実施形態における制御部を含めたブロック図である。

【図21】図20の制御部の具体的構成を示すブロック図である。

【図22】第2の実施形態における直流回路の平滑用コンデンサ異常状態の動作説明図である。

【図23】第2の実施形態におけるバッテリーユニット異常状態の動作説明図である。

【図24】本発明の第3の実施形態を示すブロック図である。

【図25】従来の電力変換装置を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は本発明の第1の実施形態の電力変換装置を示すブロック図であり、図中、1は八

10

20

30

40

50

イブリッド電気自動車に適用する電力変換装置である。この電力変換装置 1 は、発電によって直流電力を出力する直流電源部 2 を有する。この直流電源部 2 は、エンジン等の内燃機関の出力軸に連結された交流発電機 3 と、この交流発電機 3 から出力される 3 相交流電力を直流電力に変換する AC - DC 変換回路で構成される AC - DC 変換部 4 とを備えている。

【0026】

AC - DC 変換部 4 は、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間に並列に接続された 3 つのスイッチングアーム SA 1 1 ~ SA 1 3 を有する。各スイッチングアーム SA 1 1 ~ SA 1 3 のそれぞれは、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間に直列に接続された例えば絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) で構成されるスイッチング素子 Q i a 及び Q i b (i は 1 1 ~ 1 3) と、各スイッチング素子 Q i a 及び Q i b に逆並列に接続されたダイオード D i a 及び D i b とを有する。そして、各スイッチング素子 Q i a 及び Q i b の接続点に交流発電機 3 の交流電力が供給されている。

10

【0027】

また、電力変換装置 1 は、少なくとも 2 組のバッテリーユニット BU a 及び BU b を直列に接続したバッテリー 5 を有し、このバッテリー 5 の直流電力が DC - DC 変換部 6 で昇圧されて正極側ライン L p 及び負極側ライン L n に出力される。また、バッテリーユニット BU a 及び BU b の接続点から短絡回路となる中間電位ライン L m が導出されている。ここで、バッテリーユニット BU a 及び BU b は双方の合計で数 V の単位バッテリーを数十直列に接続されて数百 V のバッテリー電圧 V b を出力する。

20

【0028】

この DC - DC 変換部 6 は、正極側ライン L p と中間電位ライン L m との間に直列に接続された一対の例えば IGBT で構成されるスイッチング素子 Q 6 a 及び Q 6 b と、中間電位ライン L m と負極側ライン L n との間に直列に接続された一対の例えば IGBT で構成されるスイッチング素子 Q 6 c 及び Q 6 d とを有する昇圧チョッパ回路で構成されている。そして、各スイッチング素子 Q 6 a ~ Q 6 d にはそれぞれダイオード D 6 a ~ D 6 d が逆並列接続されている。また、スイッチング素子 Q 6 a 及び Q 6 b の接続点にはバッテリー 5 の正極側が昇圧用リアクトル 7 a を介して接続され、スイッチング素子 Q 6 c 及び Q 6 d の接続点にはバッテリー 5 の負極側が昇圧用リアクトル 7 b を介して接続されている。

30

【0029】

さらに、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間には、DC - DC 変換部 6 と並列に直流回路 8 が接続されている。この直流回路 8 は、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間に直列に接続された一対の平滑用コンデンサ C a 及び C b を有し、これら平滑用コンデンサ C a 及び C b の接続点が中間電位ライン L m に接続されて短絡回路が構成されている。

【0030】

ここで、DC - DC 変換部 6 は、図 2 (a) に示すように、スイッチング素子 Q 6 b 及び Q 6 c をオン状態とした状態で、昇圧用リアクトル 7 a 及び 7 b にエネルギーが蓄積され、この状態から、図 2 (b) に示すように、スイッチング素子 Q 6 b 及び Q 6 c をオフ状態とするとともに、スイッチング素子 Q 6 a 及び Q 6 d をオン状態とすることにより、昇圧用リアクトル 7 a 及び 7 b に蓄積されたエネルギーが直流回路 6 のコンデンサ C a 及び C b に充電される。このときの各スイッチング素子 Q 6 a ~ Q 6 d のオンオフ周期を適宜選択することにより、バッテリー電圧 E d / 2 を昇圧してコンデンサ C a 及び C b を充電することができる。

40

【0031】

さらにまた、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間には直流電力を交流電力に変換する電力変換部としてのインバータ回路を構成する DC - AC 変換回路 10 が接続されている。この DC - AC 変換部 10 は、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間に並列に接続された 3 つのスイッチングアーム SA 2 1 ~ SA 2 3 を有する。これらスイッチングアーム SA 2 1 ~ 2 3 のそれぞれは、正極側ライン L p 及び負極側ライン L n 間に直列に

50

接続された例えば IGBT で構成されるスイッチング素子 $Q_{j a}$ 及び $Q_{j b}$ (i は 21 ~ 23) と、各スイッチング素子 $Q_{j a}$ 及び $Q_{j b}$ に逆並列に接続されたダイオード $D_{j a}$ 及び $D_{j b}$ とを有する。そして、各スイッチング素子 $Q_{j a}$ 及び $Q_{j b}$ の接続点が交流出力点 P_u 、 P_v 及び P_w とされて負荷としての交流電動機 12 に接続されているとともに、各交流出力点 P_u 、 P_v 及び P_w が双方向性のスイッチ回路 SW_u 、 SW_v 及び SW_w を介して直流回路 8 の中間電位点 P_d に接続されている。

【0032】

ここで、双方向性のスイッチ回路 $SW_u \sim SW_w$ としては、図 3 (a) に示すように、逆耐圧を有する IGBT a 及び IGBT b を逆並列に接続した構成を適用するか、図 3 (b) に示すように、逆耐圧を有さない IGBT c 及び IGBT d を直列に接続し、各 IGBT c 及び IGBT d に逆並列にダイオード D_c 及び D_d を接続した構成を適用することが好ましい。

10

【0033】

そして、直流電源部 2 の AC - DC 変換部 4、DC - DC 変換部 6 及び DC - AC 変換部 10 の各スイッチング素子が、図 4 に示すように、制御装置 14 の制御部 15 によって PWM 制御される。ここで、制御部 15 には、交流電動機 12 の速度指令 (又は周波数指令) N_m^* が入力されるとともに、交流発電機 3 の速度検出値 N_g が入力されており、これら速度指令 N_m^* 及び速度検出値 N_g に基づいて各スイッチング素子のオンオフ指令信号が形成される。

20

【0034】

次に、上記第 1 の実施形態の動作を説明する。

今、交流電動機 12 を低速運転する場合には、図 5 に示すように、DC - AC 変換部 10 の 3 つのスイッチングアーム $SA_{21} \sim SA_{23}$ の内の任意の 1 相例えば交流出力点 P_u と直流回路 8 の中間電位点 P_d との間に介挿された双方向のスイッチ回路 SW_u を閉状態とし、残りのスイッチ回路 SW_v 及び SW_w を開放状態とする。さらに、DC - AC 変換部 10 のスイッチング素子 $Q_{21 a}$ 及び $Q_{21 b}$ を常時オフ状態に制御する。

【0035】

この状態で、DC - AC 変換部 10 のスイッチング素子 $Q_{22 a}$ をオン状態に制御することにより、図 5 (a) に示すように、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_a の正極側からスイッチング素子 $Q_{22 a}$ 及び交流出力点 P_v を通って交流電動機 12 の巻線 L_v に至り、交流電動機 12 の巻線 L_u から交流出力点 P_u 及びスイッチ回路 SW_u を通って直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_a に至る放電電流路が形成される。これにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_a 及び C_b の容量が等しく設定されているものとする、端子間の直流電圧 V_d の半分の電圧 $V_d / 2$ が巻線 L_u 及び L_v 間に印加される。

30

【0036】

次いで、図 5 (b) に示すように、DC - AC 変換部 10 のスイッチング素子 $Q_{22 a}$ をオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子 $Q_{23 a}$ をオン状態に制御することにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_a の正極側から、スイッチング素子 $Q_{22 b}$ を通って交流電動機 12 の巻線 L_w に至り、巻線 L_u から交流出力点 P_u 及びスイッチ回路 SW_u を通って平滑用コンデンサ C_a の負極側へ至る放電電流路が形成される。これにより、巻線 L_w 及び L_u 間に直流回路 8 の直流電圧 E_d の半分の電圧 $E_d / 2$ が印加される。

40

【0037】

次いで、図 5 (c) に示すように、DC - AC 変換部 10 のスイッチング素子 $Q_{23 a}$ のオン状態を継続したまま、スイッチング素子 $Q_{22 b}$ をオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_a の正極側からスイッチング素子 $Q_{23 a}$ を通って巻線 L_w に至り、巻線 L_v からスイッチング素子 $Q_{22 b}$ を通って直流回路 8 の平滑用コンデンサ C_b の負極側に至り、その正極側から平滑用コンデンサ C_a の負極側へ至る放電電流路が形成され、巻線 L_w 及び L_v 間に直流回路 8 の直流電圧 V_d が印加される。

【0038】

次いで、図 6 (a) に示すように、スイッチング素子 $Q_{22 b}$ のオン状態を継続しながら

50

らスイッチング素子 Q 2 3 a をオフ状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C b の正極側からスイッチ回路 S W u、交流出力点 P u を通って交流電動機 1 2 の巻線 L u に至り、巻線 L b からスイッチング素子 Q 2 2 b を通って平滑用コンデンサ C b の負極側へ至る負側の放電電流路が形成される。これにより、巻線 L u 及び L v 間に $-E d / 2$ の電圧が印加される。

【 0 0 3 9 】

次いで、図 6 (b) に示すように、スイッチング素子 Q 2 2 b をオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子 Q 2 3 b をオン状態とすることにより、平滑用コンデンサ C b の正極側からスイッチ回路 S W u 及び交流出力点 P u を通って交流電動機 1 2 の巻線 L u に至り、巻線 L w からスイッチング素子 Q 2 3 b を通じて平滑用コンデンサ C b の負極側に至る負側の放電電流路が形成される。これにより、巻線 L u 及び L w 間に $-E d / 2$ の電圧が印加される。

10

【 0 0 4 0 】

次いで、図 6 (c) に示すように、スイッチング素子 Q 2 3 b のオン状態を継続しながらスイッチング素子 Q 2 2 a をオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C a の正極側からスイッチング素子 Q 2 2 a 及び交流出力点 P v を通じて交流電動機 1 2 の巻線 L v へ至り、巻線 L w からスイッチング素子 Q 2 3 b を通って平滑用コンデンサ C b の負極側及び正極側を通過して平滑用コンデンサ C a の負極側に至る放電電流路が形成される。これにより、巻線 L v 及び L w 間に直流電圧 V d が印加される。

【 0 0 4 1 】

この図 5 (a) ~ 図 6 (c) の制御態様を繰り返すことにより、D C - A C 変換部 1 0 の 6 スwitching素子の内の 4 スwitching素子を使用して交流電動機 1 2 を低速回転駆動することができる。

20

この 4 スwitching素子を使用した交流電動機 1 2 の運転時には、交流電動機 1 2 に印加される電圧が低い。D C - A C 変換部の入力電圧と D C - A C 変換部の出力周波数の比を一定に保つ制御 (V / f 一定制御) を行うと、交流電動機 1 2 に印加される電圧が低いことから D C - A C 変換部の出力周波数を高くすることができず、交流電動機 1 を高速運転できないというデメリットがある一方で、実際にスイッチングが行われるスイッチング素子数及び導通する素子数が少ないことで導通損失を低減することができるとともに、出力周波数 1 周期の 2 / 3 の区間はスイッチング素子 Q 2 2 a , Q 2 2 b 及び Q 2 3 a , Q 2 3 b のスイッチング時に印加される電圧が直流電圧 E d に対して $E d / 2$ となるため、各素子のスイッチング損失が低減するメリットがある。

30

【 0 0 4 2 】

さらに、交流電動機 1 2 に印加される電圧も、この区間は直流回路 8 の直流電圧 E d の 1 / 2 相当となるため、交流電動機 1 2 に流れる電流のリプルが減少し、交流電動機 1 2 の高調波損失を低減することも可能となる。

【 0 0 4 3 】

次に、D C - A C 変換部 1 0 を 3 レベル動作させる場合について説明する。

この D C - A C 変換部 1 0 を 3 レベル動作させるためには、図 7 (a) ~ (c) 及び図 8 (a) ~ (c) に示すように、スイッチング素子 Q 2 1 a ~ Q 2 3 b とスイッチ回路 S W u ~ S W w のオンオフ制御を行う。

40

【 0 0 4 4 】

すなわち、3 レベル動作の正極側の出力周波数の半周期分 (1 / 2 周期) について説明すると、まず、図 7 (a) に示すように、スイッチ回路 S W u をオン状態とするとともに、スイッチング素子 Q 2 2 a をオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C a の正極側からスイッチング素子 Q 2 2 a 及び交流出力点 P v を通って交流電動機 1 2 の巻線 L u に至り、巻線 L u から交流出力点 P u 及びスイッチ回路 S W u を通って平滑用コンデンサ C a の中間電位側に至る放電電流路を形成する。

【 0 0 4 5 】

次いで、図 7 (b) に示すように、スイッチ回路 S W u のオン状態を継続しながらスィ

50

ツチング素子 Q 2 2 a をオフ状態とし、これに代えてスイッチ回路 S W v をオン状態とすることにより、交流電動機 1 2 の巻線 L u 及び L v の両端を接続して中間電位とする。

次いで、図 7 (c) に示すように、スイッチ回路 S W u のオン状態を継続しながら、スイッチ回路 S W w をオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子 Q 2 3 a をオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C 1 の正極側からスイッチング素子 Q 2 3 a を通って交流電動機 1 2 の巻線 L w に至り、巻線 L u から交流出力点 P u 及びスイッチ回路 S W u を通って平滑用コンデンサ C a の中間電位側に至る放電電流路を形成する。

【 0 0 4 6 】

次いで、図 8 (a) に示すように、スイッチング回路 S W u のオン状態を継続しながら、スイッチング素子 Q 2 3 a をオフ状態とし、これに代えてスイッチ回路 S W w をオン状態とし、交流電動機 1 2 の巻線 L u 及び L w の両端を接続して中間電位とする。

次いで、図 8 (b) に示すように、スイッチ回路 S W u 及び S W w をともにオフ状態とし、これに代えて、スイッチ回路 S W v をオン状態とし且つスイッチング素子 Q 2 3 a をオン状態として、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C a の正極側からスイッチング素子 Q 2 3 a を通じて巻線 L w に至り、巻線 L v から交流出力点 P v 及びスイッチ回路 S W v を介して平滑用コンデンサ C a の中間電位側に至る放電電流路を形成する。

【 0 0 4 7 】

次いで、図 8 (c) に示すように、スイッチ回路 S W v のオン状態を継続しながらスイッチング素子 Q 2 3 a をオフ状態とし、これに代えてスイッチ回路 S W w をオン状態とすることにより、交流電動機 1 2 の巻線 L v 及び L w の両端を接続して中間電位とする。

このようにスイッチング素子及びスイッチ回路をオンオフ制御することにより、図 9 に示すように 3 レベルの交流出力線間電圧波形を得ることができる。

【 0 0 4 8 】

この 3 レベル動作では、各スイッチング素子 Q 2 1 a ~ Q 2 3 b のスイッチングは直流回路 8 の直流電圧 E d の半分の電圧 E d / 2 で行われるので、スイッチング損失が低減されるとともに、3 レベル動作のため、交流電動機 1 2 に印加される電圧も、図 9 に示すように低次高調波分が低減するため、交流電動機 1 2 の高調波損失も低減することができる。

【 0 0 4 9 】

次に、D C - A C 変換部 1 0 を高速運転時に適用する 2 レベル動作を説明する。

この 2 レベル動作では、スイッチ回路 S W u ~ S W w を全て常時オフ状態すなわち開放状態とし、スイッチング素子 Q 2 1 a ~ Q 2 3 b をオンオフ制御 (P W M 制御) することで、交流電動機 1 2 を高速駆動する。

すなわち、出力周波数の正の半周期分 (1 / 2 周期) の動作を説明すると、先ず、図 1 0 (a) に示すように、スイッチング素子 Q 2 2 a 及び Q 2 1 b をオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C a の正極側からスイッチング素子 Q 2 2 a 及び交流出力点 P v を通って巻線 L v に至り、巻線 L w からスイッチング素子 Q 2 1 b を通って平滑用コンデンサ C b の負極側及び中間電位側を通り平滑用コンデンサ C a の中間電位側に至る放電電流路を形成する。

【 0 0 5 0 】

次いで、図 1 0 (b) に示すように、スイッチング素子 Q 2 2 a をオン状態に維持しながら、スイッチング素子 Q 2 1 b をオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子 Q 2 1 a をオン状態とすることにより、巻線 L u と巻線 L v とをスイッチング素子 W 2 2 a 及び Q 2 1 a を介して接続することにより、電流循環状態とする。

次いで、図 1 0 (c) に示すように、スイッチング素子 Q 2 1 a 及び Q 2 2 a をともにオフ状態とし、これらに代えてスイッチング素子 Q 2 3 a 及び Q 2 1 b をともにオン状態とすることにより、直流回路 8 の平滑用コンデンサ C a の正極側からスイッチング素子 Q 2 3 a を通って巻線 L w に至り、巻線 L u からスイッチング素子 Q 2 1 b を通り、平滑用コンデンサ C b を通って平滑用コンデンサ C a の中間電位側に至る放電電流路を形成する。

。

10

20

30

40

50

【0051】

次いで、図11(a)に示すように、スイッチング素子Q23aをオン状態に維持しながらスイッチング素子Q21bをオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子Q21aをオン状態とすることにより、巻線Luからスイッチング素子Q21a及びQ23aを通過して巻線Lwに向かう電流循環状態を形成する。

次いで、図11(b)に示すように、スイッチング素子Q23aをオン状態に維持しながらスイッチング素子Q21aをオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子Q22bをオン状態とすることにより、直流回路8の平滑用コンデンサCaの正極側からスイッチング素子Q23aを通過して巻線Lwに至り、巻線Lvからスイッチング素子Q22b及び平滑用コンデンサCbを通過して平滑用コンデンサCaの中間電位側に至る放電電流路を形成する。

10

【0052】

次いで、図11(c)に示すように、スイッチング素子Q23aをオン状態に維持しながら、スイッチング素子Q22bをオフ状態とし、これに代えてスイッチング素子Q22aをオン状態とすることにより、巻線Lvからスイッチング素子Q22a及びQ23aを通過して巻線Lwに至る電流循環路を形成する。

【0053】

このようにすることにより、スイッチング素子Q21a～Q23bをオンオフ制御(PWM制御)することにより、直流回路8の直流電圧Edと0電圧との2レベルの電圧を出力線間に印加することにより、交流電動機12を駆動する。このとき、双方向性のスイッチ回路SWu～SWwを全て常時オフ状態とする。交流電動機12を高速運転する際には、矩形波運転が必要となるため、必要最低限のスイッチ動作とし、導通損失を極力低減することが可能な2レベル動作を行う。

20

【0054】

以上のように上記第1の実施形態によると、DC-AC変換部10を、4スイッチング素子動作、3レベル動作及び2レベル動作の3種類の回路方式を行わせることができるため、交流電動機の回転数を、低速及び高速の2段階に制御する場合と、低速、中速及び高速の3段階に制御する場合とで、下記表1に示す回路方式を採用することが可能となる。

すなわち、低速及び高速の2段階制御を行う場合には、低速時に4スイッチング素子方式を採用し、高速時に2レベル方式を採用する場合と、低速時に3レベル方式を採用し、高速時に2レベル方式を採用する場合と、低速時に4素子スイッチング方式を採用し、高速時に3レベル方式を採用する場合の3方式が考えられる。

30

【0055】

また、低速、中速及び高速の3段階制御を行う場合には、低速時に4スイッチング素子方式を採用し、中速時に3レベル方式を採用し、高速時に2レベル方式を採用する場合が考えられる。

このように、電動機速度に応じてDC-AC変換部10の制御方式を変更する場合には、前述した低速時に4スイッチング素子方式を採用し、高速時に2レベル方式を採用する場合には、制御装置14の制御部15を図12に示すように構成する。

【0056】

すなわち、制御部15に、4素子方式の制御回路16と2レベル方式の制御回路17とを設け、これら制御回路16及び17に発電機3の速度検出値Ngを供給するとともに、交流電動機12の速度指令(又は周波数指令)Nm^{*}を比較器18の一方の入力側に供給し、この比較器18の他方の入力側に低速及び高速を判断する閾値N₀₁を入力する。したがって、比較器18で速度指令(又は周波数指令)Nm^{*}が閾値N₀₁未満であるときに(Nm^{*} < N₀₁)、論理値“0”の選択信号SLを出力し、速度指令(又は周波数指令)Nm^{*}が閾値N₀₁以上であるときに(Nm^{*} ≥ N₀₁)、論理値“1”の選択信号SLを出力する。この比較器18から出力される選択信号SLは4スイッチング素子方式の制御回路16に対しては論理反転回路19を介して供給され、2レベル方式の制御回路17には直接選択信号SLが供給される。

40

50

【 0 0 5 7 】

そして、4スイッチング素子方式の制御回路16及び2レベル方式の制御回路17はともに、入力される選択信号が論理値“1”であるときには動作状態となって、制御に必要なスイッチング信号(PWM信号)をAC-D C変換部4、DC-D C変換部6及びDC-A C変換部10に出力する。

【 0 0 5 8 】

したがって、交流電動機12に対する速度指令(又は周波数指令) Nm^* が閾値 N_{01} 未満であるときには、比較器18から出力される選択信号SLが論理値“0”となることにより、これが論理反転回路19で論理反転されて論理値“1”が4スイッチング素子方式の制御回路16に供給されることにより、この4スイッチング方式の制御回路16が動作状態となって、AC-D C変換部4、DC-D C変換部6及びDC-A C変換部10のスイッチング素子及びスイッチ回路を制御することにより、DC-A C変換部10が4スイッチング素子方式で動作して、電動機12を低速駆動する。このとき、2レベル方式の制御回路17には論理値“0”の選択信号SLが直接供給されているので、動作停止状態を維持する。

【 0 0 5 9 】

この交流電動機12の低速駆動状態から、入力される速度指令(周波数指令) Nm^* が閾値 N_{01} 以上となると、比較器18から出力される選択信号SLが論理値“1”となることにより、4スイッチング素子方式の制御回路16が動作停止状態となり、2レベル方式の制御回路17が動作状態となって、交流電動機12を高速駆動する。

また、低速時に3レベル方式を採用し、高速時に2レベル方式を採用する場合には、図13に示すように、前述した図12の4スイッチング素子方式の制御回路16を3レベル方式の制御回路21に置換し、且つ比較器18に入力される閾値が N_{02} に変更されていることを除いては前述した図12と同様の構成を有し、図12との対応部分には同一符号を付し、詳細説明はこれを省略する。

【 0 0 6 0 】

この図13の構成によれば、速度指令(又は周波数指令) Nm^* が閾値 N_{02} 未満であるときには、比較器18から論理値“0”の選択信号SLが出力されることにより、この選択信号SLが論理反転回路19によって論理反転されて論理値“1”として3レベル方式の制御回路21に供給される。このため、3レベル方式の制御回路21が動作状態となって、DC-A C変換部10のスイッチング素子 $Q21a \sim Q23b$ 及びスイッチ回路 $SWu \sim SWw$ を3レベル方式となるようにオンオフ制御して、交流電動機12を低速回転駆動する。

【 0 0 6 1 】

一方、速度指令(又は周波数指令) Nm^* が閾値 N_{02} 以上であるときには、比較器18から出力される選択信号SLが論理値“1”となることにより、2レベル方式の制御回路17が動作状態となって、交流電動機12を高速回転駆動する。

さらに、低速時に4スイッチング素子方式を採用し、高速時に3レベル方式を採用する場合には、図14に示すように、前述した図12の構成において、2レベル方式の制御回路17が省略され、これに代えて3レベル方式の制御回路21が適用され、且つ比較器18に入力される閾値が N_{03} に変更されていることを除いては図12と同様の構成を有し、図12との対応部分には同一符号を付し、その詳細説明はこれを省略する。

【 0 0 6 2 】

この図14の構成によると、速度指令(又は周波数指令) Nm^* が閾値 N_{03} 未満である状態では、比較器18から出力される選択信号SLが論理値“0”となって、4スイッチング素子方式の制御回路16が動作状態となって、DC-A C変換部10を4スイッチング素子方式で動作させて、交流電動機12を低速回転駆動する。

一方、速度指令(又は周波数指令) Nm^* が閾値 N_{03} 以上となった状態では、比較器18から出力される選択信号SLが論理値“1”となって、3レベル方式の制御回路21が動作状態となって、DC-A C変換部10を3レベル動作させて、交流電動機12を高速

10

20

30

40

50

回転駆動する。

【 0 0 6 3 】

なおさらに、低速時に 4 スイッチング素子方式を採用し、中速時に 3 レベル方式を採用し、高速時に 2 レベル方式を採用する場合には、制御装置 1 4 の制御部 1 5 を図 1 5 に示すように構成する。

すなわち、図 1 5 では、2 組の比較器 1 8 A 及び 1 8 B を使用し、両比較器 1 8 A 及び 1 8 B の非反転入力側に速度指令（又は周波数指令） $N m^*$ が入力され、比較器 1 8 A の反転入力側に低速であるか中速であるかを判定する閾値 N_{04} が入力され、比較器 1 8 B の反転入力側には中速であるか高速であるかを判定する閾値 N_{05} が入力されている。

【 0 0 6 4 】

そして、比較器 1 8 A から出力される選択信号 $S L a$ 及び比較器 1 8 B から出力される選択信号 $S L b$ がナンド回路 2 2 に入力され、このナンド回路 2 2 のナンド出力が 4 スイッチング素子方式の制御回路 1 6 に入力されている。また、選択信号 $S L a$ 及び $S L b$ が選択信号 $S L b$ を反転入力としたアンド回路 2 3 に供給され、このアンド回路 2 3 のアンド出力が 3 レベル方式の制御回路 2 1 に入力されている。さらに、選択信号 $S L a$ 及び $S L b$ がアンド回路 2 4 に直接入力され、このアンド回路 2 4 のアンド出力が 2 レベル方式の制御回路 1 7 に入力されている。

【 0 0 6 5 】

この図 1 5 の構成によると、速度指令（又は周波数指令） $N m^*$ が閾値 N_{04} 未満であるときには、比較器 1 8 A 及び 1 8 B から出力される選択信号 $S L a$ 及び $S L b$ がともに論理値 “ 0 ” となる。このため、ナンド回路 2 2 からのみ論理値 “ 1 ” のナンド出力が得られ、これが 4 スイッチング素子方式の制御回路 1 6 に供給されることにより、DC - AC 変換部 1 0 が 4 スイッチング素子方式で動作されて、交流電動機が低速回転駆動される。

【 0 0 6 6 】

また、速度指令（又は周波数指令） $N m^*$ が閾値 N_{04} 以上で且つ閾値 N_{05} 未満であるときには、比較器 1 8 A から出力される選択信号 $S L a$ が論理値 “ 1 ” となり、比較器 1 8 B から出力される選択信号 $S L b$ が論理値 “ 0 ” を維持するので、アンド回路 2 3 からのみ論理値 “ 1 ” のアンド出力が得られる。このアンド出力が 3 レベル方式の制御回路 2 1 に供給されることにより、3 レベル方式の制御回路 2 1 が動作状態となって、DC - AC 変換部 1 0 が 3 レベル動作されて、交流電動機 1 2 が中速回転駆動される。

【 0 0 6 7 】

さらに、速度指令（又は周波数指令） $N m^*$ が閾値 N_{05} 以上であるときには、比較器 1 8 A 及び 1 8 B から出力される選択信号 $S L a$ 及び $S L b$ がともに論理値 “ 1 ” となるので、アンド回路 2 4 のみから論理値 “ 1 ” のアンド出力が得られる。このアンド出力が 2 レベル方式の制御回路 1 8 に供給されることにより、2 レベル方式の制御回路 1 8 が動作状態となって、DC - AC 変換部 1 0 が 2 レベル動作されて、交流電動機 1 2 が高速回転駆動される。

【 0 0 6 8 】

このように、制御装置 1 4 の制御部 1 5 に所望の制御回路 1 6、1 7 及び 2 1 を組込むことにより、これら制御回路 1 6、1 7 及び 2 1 を速度指令（又は周波数指令） $N m^*$ に応じて選択して、交流電動機 1 2 の駆動態様に応じて DC - AC 変換部 1 0 の動作態様を下記表 1 に示すように選択動作させ、これに応じて交流電動機 1 2 を回転駆動するので、交流電動機 1 2 の駆動態様に応じた最適の動作態様を選択することができる。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

【表 1】

電動機 回転数	低速	高速	
	低速	中速	高速
回路方式	4素子	3レベル	2レベル
	4素子	3レベル	
	3レベル	2レベル	
	4素子	2レベル	

10

【0070】

また、上記第1の実施形態において、交流出力点 $P_u \sim P_w$ を流れる電流を検出し、その制御状態と比較することにより、DC-AC変換部10を構成するスイッチングアーム $SA_{21} \sim SA_{23}$ の何れか1つでスイッチング素子 Q_{ja} 及び Q_{jb} の少なくとも一方に異常が発生したか否かのスイッチングアーム異常検出を行うことができる。このスイッチングアーム異常検出で、スイッチングアームの異常を検出したときには、異常を検出したスイッチングアーム SA_j の交流出力点 P_k ($k = u, v$ 及び w) と直流回路8の中間電位点 P_d との間に介挿されたスイッチ回路 SW_j を閉成状態とし、残りの2つのスイッチ回路を開放状態に制御することにより、DC-AC変換部10を前述した4スイッチング素子方式で動作させることができ、交流電動機12を低速回転駆動することができる。

20

【0071】

すなわち、図16に示すように、DC-AC変換部10のスイッチングアーム $SA_{21} \sim SA_{23}$ の何れか1つ例えばスイッチングアーム SA_{21} のスイッチング素子 Q_{21a} で導通不能が発生した場合には、このスイッチングアーム SA_{21} の交流出力点 P_u と直流回路8の中間電位点 P_d との間に介挿されているスイッチ回路 SW_u を閉成状態とし、残りの2つのスイッチ回路 SW_v 及び SW_w を開放状態に維持する。これにより、DC-AC変換部10を前述した図5(a)~(c)及び図6(a)~(c)で説明した4スイッチング素子方式の動作を行わせることができ、交流電動機12の低速回転駆動を継続することができる、交流電動機12の駆動状態を継続することができる。

30

【0072】

また、ハイブリッド電気自動車の制動時に交流電動機12で生じる回生電流は、DC-AC変換部10からDC-DC変換部6で降圧されてバッテリー5に充電電流として供給される。

なお、上記第1の実施形態においては、DC-DC変換部6を構成するスイッチング素子 Q_{6a} 及び Q_{6b} 間にバッテリー5の正極側を、昇圧用リアクトル7aを介して接続し、スイッチング素子 Q_{6c} 及び Q_{6d} 間にバッテリー5の負極側を昇圧用リアクトル7bを介して接続する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図17に示すように、DC-DC変換部6を構成するスイッチング素子 Q_{6a} 及び Q_{6b} 間にバッテリー5の正極側を直接接続し、スイッチング素子 Q_{6c} 及び Q_{6d} 間にバッテリー5の負極側を直接接続し、スイッチング素子 Q_{6b} 及び Q_{6c} 間とバッテリー5の中間電位点 P_b との間に昇圧用リアクトル7を介挿するようにしてもよい。この場合には、バッテリー5の正極側及び負極側で異なる昇圧制御を行うことはできないが、昇圧用リアクトル7を共通化することができ、図1の構成に比較して低コスト化することができる利点がある。

40

【0073】

また、上記第1の実施形態においては、直流回路8の中間電位点 P_d とDC-AC変換部10の交流出力点 $P_u \sim P_w$ との間にスイッチ回路 $SW_u \sim SW_w$ を介挿した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、直流電源部2のAC-DC変換部4の交流入力点 $P_{iu} \sim P_{iw}$ と直流回路8の中間電位点 P_d との間に同様のスイッチ回路 $SW_{iu} \sim SW_{iw}$ を介挿して、AC-DC変換部4についても3レベルの回路構成とする

50

こともできる。

【0074】

次に、本発明の第2の実施形態を図19～図23について説明する。

この第2の実施形態では、バッテリー5のバッテリーユニットBUa又はBUbに異常が生じた場合や、直流回路8の平滑用コンデンサCa及びCbの一方に異常が発生した場合にも交流電動機12を駆動可能としたものである。

すなわち、第2の実施形態では、図19に示すように、前述した第1の実施形態における中間電位ラインLmにおけるDC-DC変換部6及び直流回路間の短絡回路となる中間電位ラインLmに、前述したスイッチ回路SWu～SWwと同一構成を有する双方向性のスイッチ回路31が介挿され、且つバッテリー5のバッテリーユニットBUa及びBUbと昇圧リアクトル7a及び7bとの間に夫々双方向性のスイッチ回路32a及び32bが介挿されていることを除いては前述した図1と同様の構成を有し、図1との対応部分には同一符号を付し、その詳細説明はこれを省略する。

10

【0075】

そして、スイッチ回路31、32a及び32bが、図20に示すように、制御装置14の制御部15によってオンオフ制御される。ここで、制御部15の具体的構成は、図21に示すように、バッテリー5のバッテリーユニットBUa及びBUbの異常を検出したときに、コンバータ部4、バッテリー5のスイッチ回路32a、32b、DC-DC変換回路6、DC-AC変換部10を制御するバッテリー異常制御部41と、直流回路8の平滑用コンデンサCa及びCbの異常が検出されたときにコンバータ部4、バッテリー5のスイッチ回路32a、32b、DC-DC変換回路6、DC-AC変換部10を制御するコンデンサ異常制御部42と、DC-AC変換部10のスイッチング素子の異常を検出したときに、コンバータ部4、バッテリー5のスイッチ回路32a、32b、DC-DC変換回路6、DC-AC変換部10を制御するバッテリー異常制御部41と、直流回路8の平滑用コンデンサCa及びCbの異常が検出されたときにコンバータ部4、バッテリー5のスイッチ回路32a、32b、DC-DC変換回路6、DC-AC変換部10を制御するスイッチング素子異常制御部43と、各部の正常時にコンバータ部4、バッテリー5のスイッチ回路32a、32b、DC-DC変換回路6、DC-AC変換部10を制御する正常時制御部44とを有する。

20

【0076】

そして、直流回路8の平滑用コンデンサCa及びCbの何れか一方例えば平滑用コンデンサCaの異常を検出したコンデンサ異常検出信号が入力されると、コンデンサ異常制御部42で、先ず、図22(a)に示すように、DC-AC変換部10のスイッチ回路SWu～SWwを常時オフ状態とするとともに、平滑用コンデンサCaの属する正極側とは反対側の負極側のバッテリー5のバッテリーユニットBUbについてはスイッチ回路33bを閉成状態に維持するが、平滑用コンデンサCaの属する正極側と同極側のバッテリー5のバッテリーユニットBUaに介挿されたスイッチ回路33aについては開放する。

30

【0077】

この状態で、DC-DC変換部6のスイッチング素子Q6a及びQ6bをオン状態とするとともに、DC-AC変換部10のスイッチング素子Q22a、Q23a及びQ21bをとともにオン状態として、直流回路8の正常な平滑用コンデンサCbの中間電位側からDC-DC変換部6のスイッチング素子Q6b及びQ6aを通じ、DC-AC変換部10のスイッチング素子Q22a及びQ23aを通じて巻線Lv及びLwへ至り、磁巻線Luから交流出力点Puを通じ、スイッチング素子Q21bを通じて平滑用コンデンサCbの負極側に至る放電電流路を形成する。

40

【0078】

一方、直流回路8の平滑用コンデンサCbの充電回路としては、図22(b)に示すように、交流発電機3の巻線Luから出力される交流電圧がスイッチング素子Q11aを通じ、DC-DC変換部6のスイッチング素子C6a及びC6bを通じて平滑用コンデンサCbの中間電位側に至る充電電流路が形成される。

50

さらに、バッテリー5による平滑用コンデンサC bの充電回路としては、図22(c)に示すように、DC-DC変換部6のスイッチング素子Q 6 dをオン状態とすることにより、バッテリーユニットB U bの正極側から中間電位ラインL mを通じて直流回路8の平滑用コンデンサC bを通じ、DC-DC変換部6のスイッチング素子Q 6 d及び昇圧用リアクトル7 bを通じてバッテリーユニットU B bの負極側に達する充電電流路が形成される。

【0079】

また、バッテリーユニットB U bに異常が発生したことを検出するバッテリー異常検出信号S A bが入力された場合には、異常となったバッテリーユニットB u bに連結されたスイッチ回路3 3 bが開放されるとともに、中間電位ラインL mに介挿されたスイッチ回路2 9を開放状態とする。

10

この状態で、図23(a)に示すように、DC-DC変換部6のスイッチング素子Q 6 bをオン状態として、バッテリーユニットB U aの正極側から昇圧用リアクトル7 aを通じスイッチング素子Q 6 bを通じてバッテリーユニットB U aの中間電位側に至るエネルギー蓄積状態となり、その後、DC-DC変換部6のスイッチング素子Q 6 a、Q 6 c及びQ 6 dをオン状態とする。昇圧用リアクトル7 aに蓄積されたエネルギーがバッテリーユニットB U aの出力電圧に付加されて直流回路8の平滑用コンデンサC a及びC bを充電し、次いでスイッチング素子Q 6 d及びQ 6 cを通じてバッテリーユニットB U aの負極側に戻る。

【0080】

このため、バッテリーユニットB U aが異常となった場合であっても、正常なバッテリーユニットB U aによって直流回路8の平滑用コンデンサC a及びC bを充電補助することができる。

20

さらに、前述したように、DC-AC変換部10のスイッチング素子が異常となったことを検出するスイッチング素子異常検出信号S A sが入力されたときには、スイッチング素子異常制御部4 3が選択されて、このスイッチング素子異常制御部4 3で、図16に示すように、異常となったスイッチング素子Q 2 1 aが接続されている交流出力点P uに接続されたスイッチ回路S W uを閉成状態とすることにより、4素子動作方式で交流電動機1 2の駆動を継続することができる。

【0081】

このように、第2の実施形態によると、DC-DC変換部6の中間電位点及び直流回路8の中間電位点P dを短絡する短絡回路3 1にスイッチ回路3 2を介挿するとともに、バッテリー5のバッテリーユニットB U aと昇圧用リアクトル7 aとの間にスイッチ回路3 3 aを介挿し、さらにバッテリーユニットB U bと昇圧リアクトル7 bとの間にスイッチ回路3 3 bを介挿することにより、直流回路8を構成する平滑用コンデンサC a及びC bの何れか一方の異常を検出したときに、他方の正常な平滑用コンデンサの充電及び放電電流路を確保して、DC-AC変換部10の電力変換を確保し、交流電動機1 2の回転駆動を継続させることができる。

30

【0082】

同様に、バッテリー5のバッテリーユニットB U a及びB U bの何れか一方が異常となった場合にも、正常な他方のバッテリーユニットを使用して直流回路8の平滑用コンデンサC a及びC bの充電補助を行うことができる。

40

同様に、DC-AC変換部10のスイッチング素子の少なくとも1つが異常となった場合にも、DC-AC変換部10を4素子動作方式で駆動制御して、交流電動機1 2の駆動を継続することができる。

【0083】

これらの異常発生時の動作を纏めると下記表2に示すようになる。

【0084】

【表 2】

故障モード	AC/DC 回路	DC/DC 回路	バッテリー コンデンサ 間SW素子	3レベル 用SW 素子	DC/AC 回路
バッテリー故障	通常 動作	1/2回路 のみ動作	開放	開放	2レベル 動作
DC/AC 変換回路 素子故障	通常	通常	短絡	故障相 短絡, 他相開放	4素子 動作
コンデンサ 故障	通常 動作	1/2回路 のみ動作	短絡	開放	2レベル 動作

10

【0085】

次に、本発明の第3の実施形態を図24について説明する。

この第3の実施形態では、前述した第1及び第2の実施形態における昇圧部を簡略化して、バッテリー5の正極側を、昇圧リアクトル7を介して正極側ラインLp及び負極側ラインLn間に直列に接続されたスイッチング素子Q6e及びQ6fの接続点に接続するようにしたことを除いては前述した第1の実施形態と同様の構成を有し、図1との対応部分には同一符号を付し、その詳細説明はこれを省略する。なお、スイッチング素子Q6e及びQ6fにはダイオードD6e及びD6fが逆並列接続されている。

20

【0086】

この第3の実施形態によれば、バッテリー5での異常発生及び直流回路8での異常発生に対しては対処できないものの、DC-DC変換部6の回路構成を簡略化することができ、全体的な製造コストを低減することができる。

なお、上記1～第3の実施形態においては、直流電源部2が交流発電機3を有し、この交流発電機3の交流電力をAC-DC変換部4で直流電力に変換して正極側ラインLp及び負極側ラインLnに出力する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、直流電源部2として燃料電池や太陽電池のように直接直流電力を発電できる発電装置を適用することもできる。

30

【0087】

また、上記第1～第3の実施形態においては、直流電源部2を有してハイブリッド電気自動車に適用可能な構成とした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、直流電源部2を省略してバッテリー5をDC-DC変換部6で昇圧して直流回路8に供給する電気自動車に適用可能な構成とすることもでき、その他電動機を使用する産業機械一般に本発明を適用することができる。

【0088】

さらに、上記第1～第3の実施形態においては、スイッチング素子としてIGBTを適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、使用電力に応じてパワーMOSFET、ゲートターンオフサイリスタ(GTO)、静電誘導型トランジスタ(SIT)等のスイッチング素子を適用することができる。

40

さらにまた、上記第1～第3の実施形態においては、AC-DC変換部4を半導体スイッチング素子で構成する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、半導体スイッチング素子をダイオードに変換したダイオード整流回路を適用することもできる。

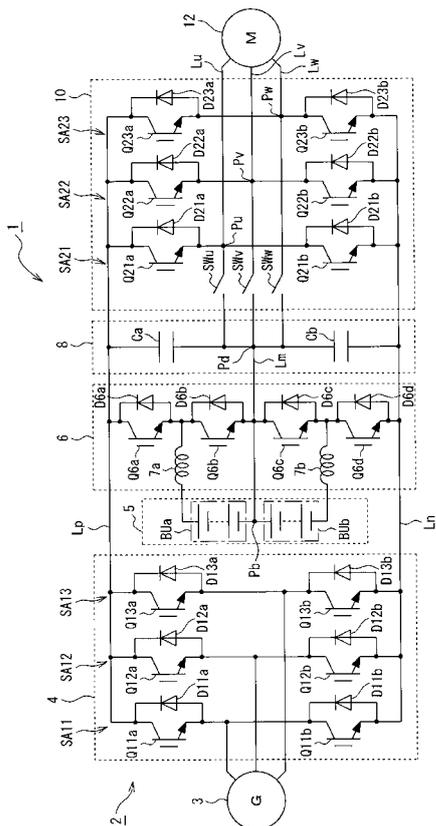
【符号の説明】

【0089】

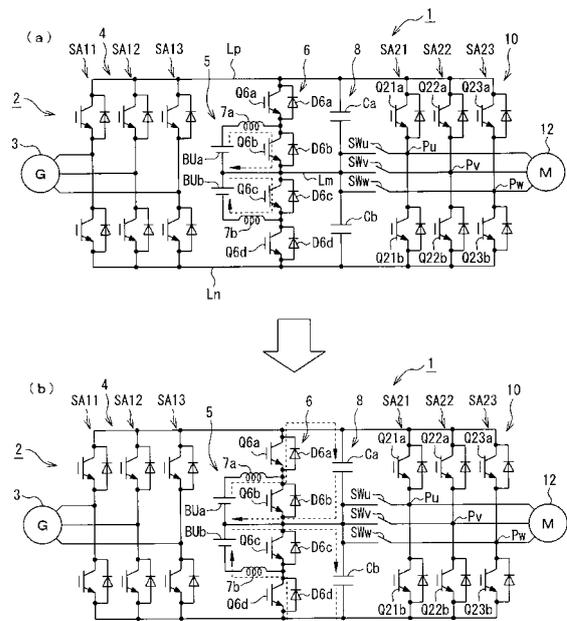
50

1 ... 電力変換装置、2 ... 直流電源部、3 ... 交流発電機、4 ... 電力変換部、5 ... バッテリ、BU a, BU b ... バッテリユニット、6 ... DC - DC変換部、7 a, 7 b ... 昇圧用リアクトル、8 ... 直流回路、Ca, Cb ... 平滑用コンデンサ、10 ... 電力変換部、SA 21 ~ SA 23 ... スwitchingアーム、Q 2 1 a ~ Q 2 3 b ... スwitching素子、SWu ~ SWw ... スwitch回路、12 ... 交流電動機、14 ... 制御装置、15 ... 制御部、16 ... 4 スwitching素子方式の制御回路、17 ... 2レベル方式の制御回路、18 ... 比較器、19 ... 論理反転回路、21 ... 3レベル方式の制御回路、31 ... 短絡回路、32 ... スwitch回路、33 a, 33 b ... スwitch回路

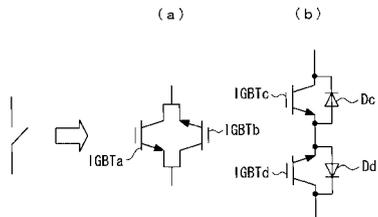
【 図 1 】



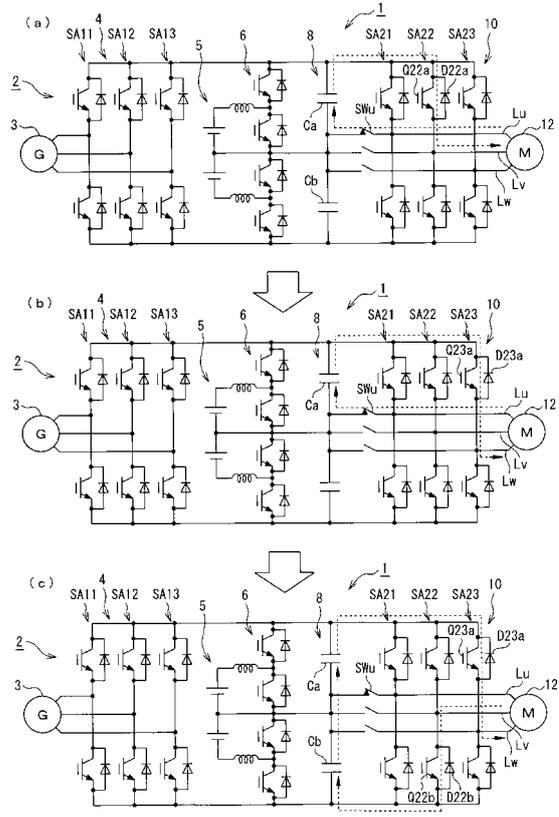
【 図 2 】



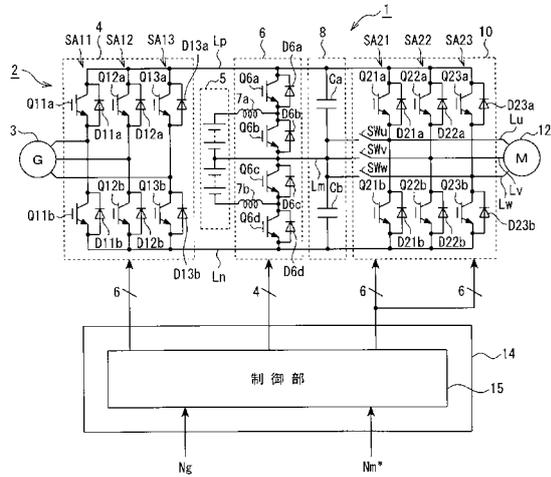
【 図 3 】



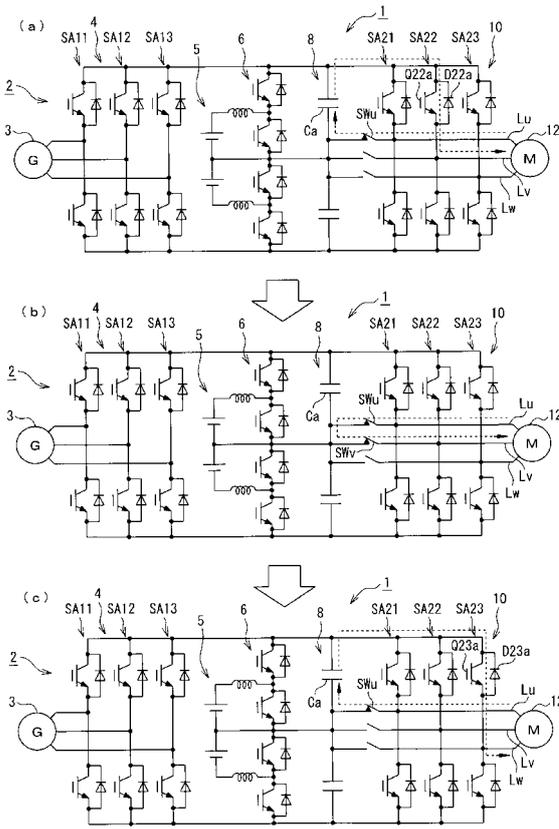
【 図 5 】



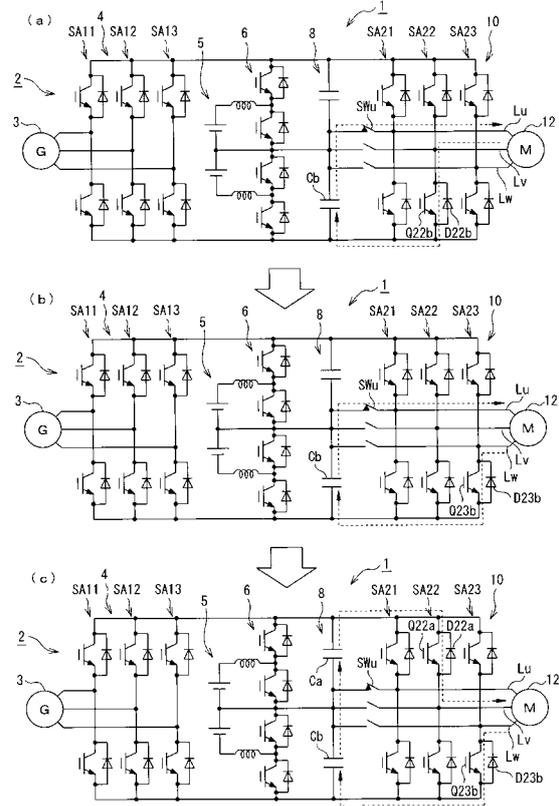
【 図 4 】



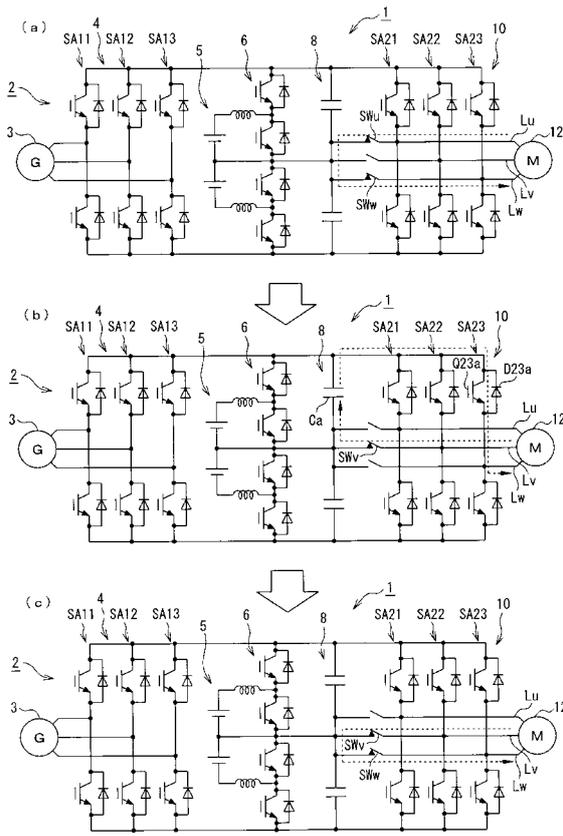
【 図 7 】



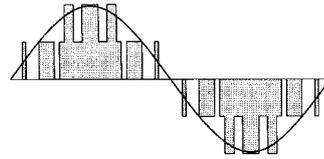
【 図 6 】



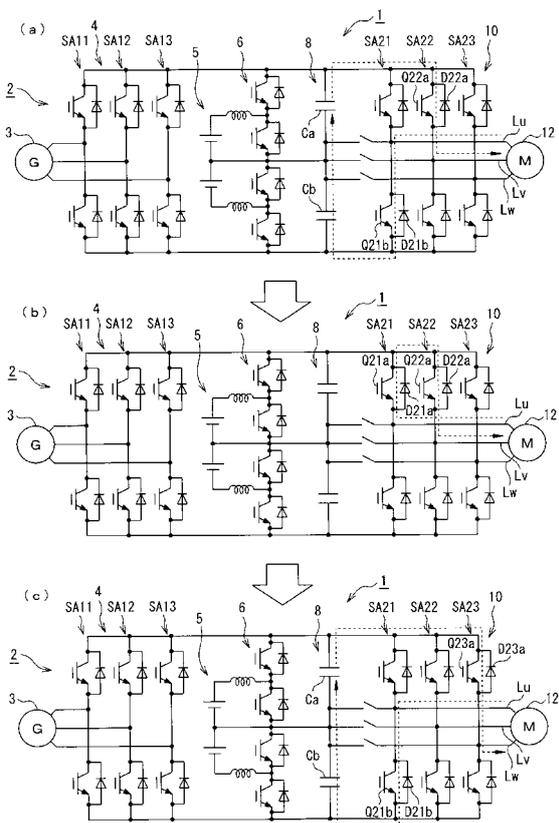
【図 8】



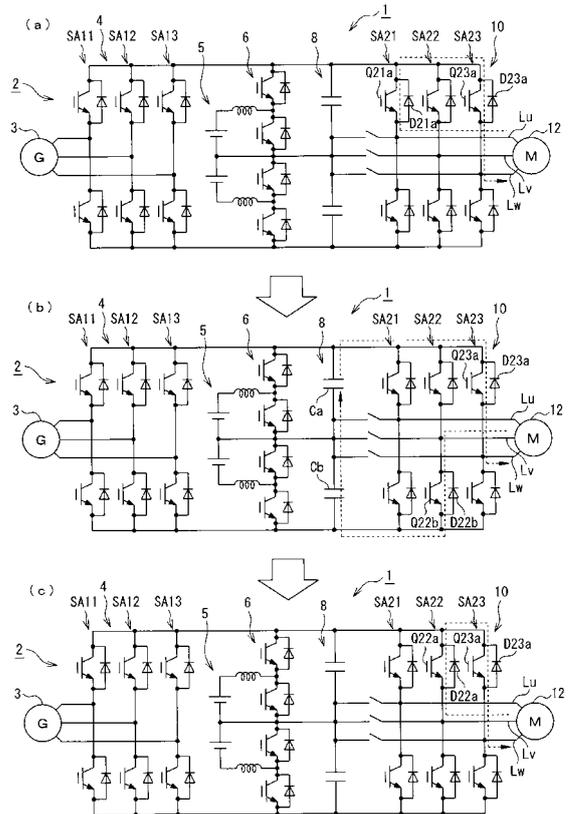
【図 9】



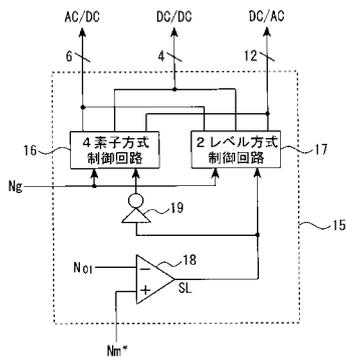
【図 10】



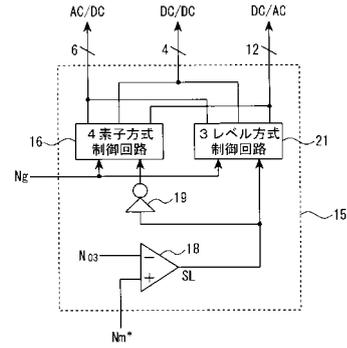
【図 11】



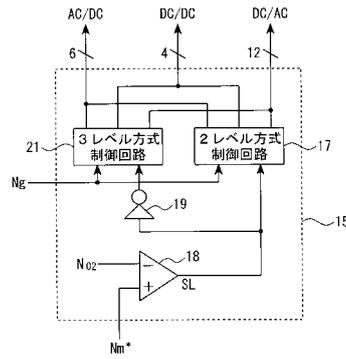
【 図 1 2 】



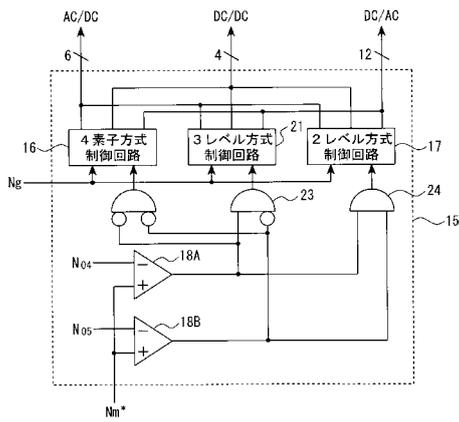
【 図 1 4 】



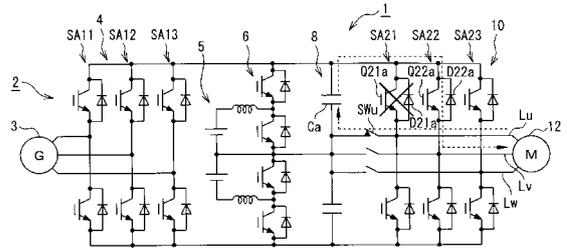
【 図 1 3 】



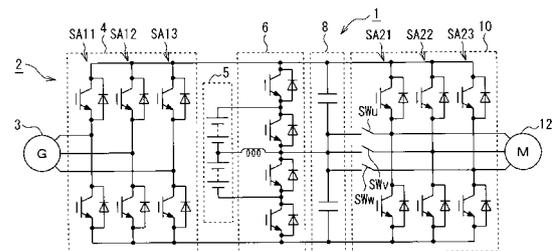
【 図 1 5 】



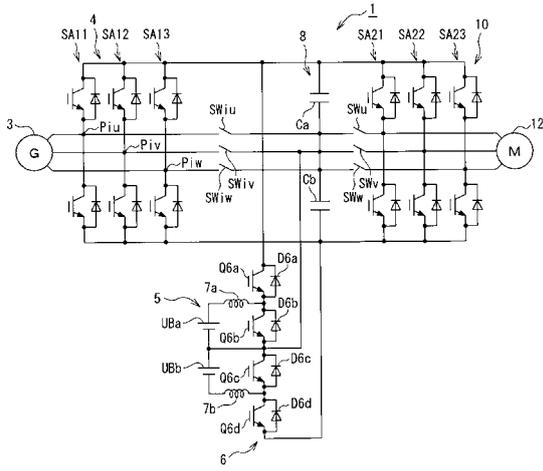
【 図 1 6 】



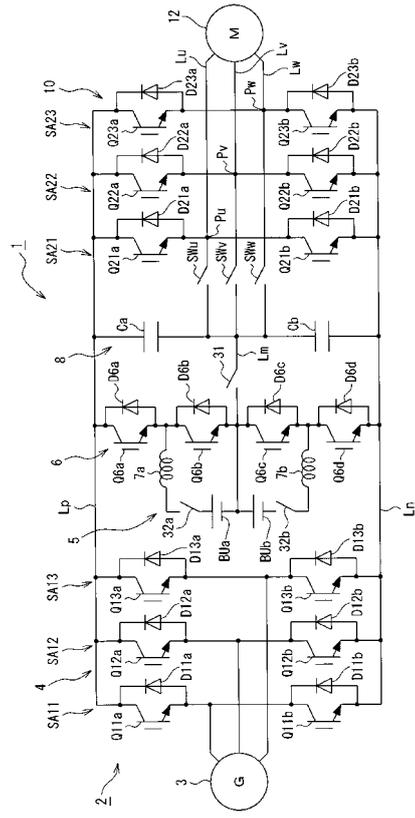
【 図 1 7 】



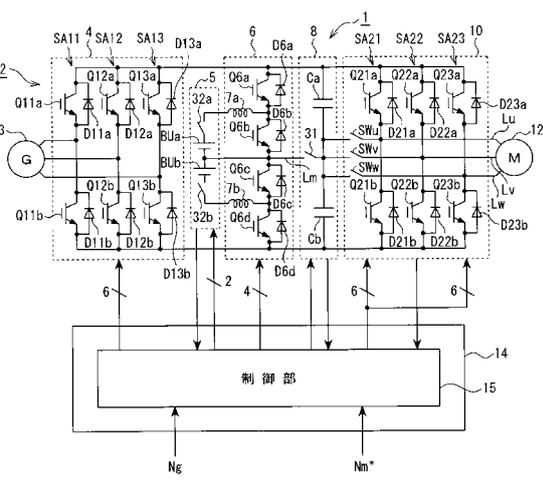
【図18】



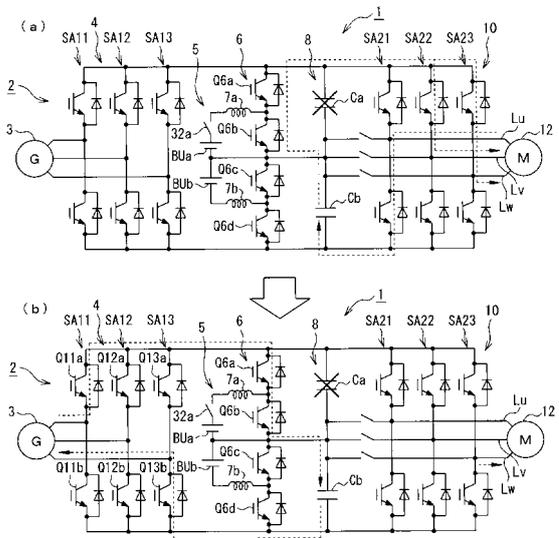
【図19】



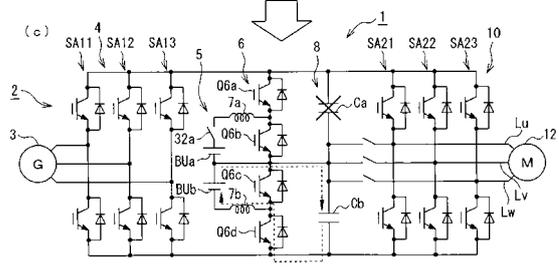
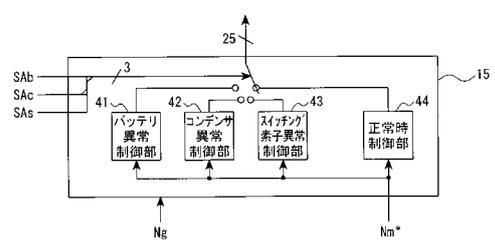
【図20】



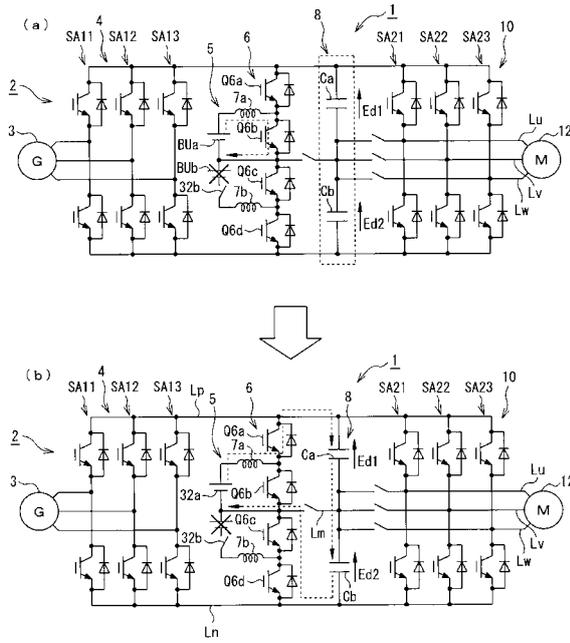
【図22】



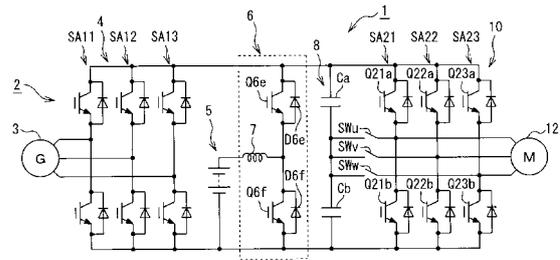
【図21】



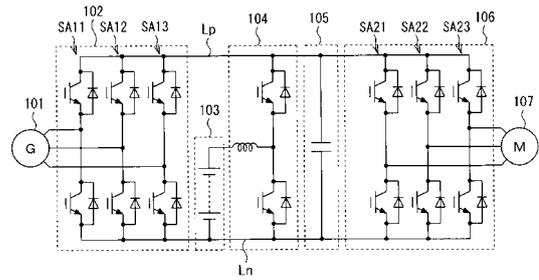
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



 フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
B 6 0 L	11/12	(2006.01)	B 6 0 L	9/18		J
B 6 0 W	10/08	(2006.01)	B 6 0 L	11/12		
B 6 0 W	20/00	(2006.01)	B 6 0 K	6/20	3 2 0	
B 6 0 K	6/46	(2007.10)	B 6 0 K	6/46		

F ターム(参考) 5H115 PA08 PC06 PG04 PI16 PI17 PI18 PI22 PI29 P006 P009
 PU10 PU24 PU26 PV02 PV09 PV23 RB22 SE10 TR01 TR14
 5H730 AA14 AS13 BB13 BB14 CC02 CC12 DD03