(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 3 月 3 日(03.03.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/031430 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/49 (2007.01) *H02M 7/797* (2006.01)
H02M 7/487 (2007.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/070665

(22) 国際出願日: 2015 年 7 月 21 日(21.07.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2014-170804 2014 年 8 月 25 日(25.08.2014) JP

(71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 長谷川 隆太 (HASEGAWA, Ryuta); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 鈴木 大地 (SUZUKI, Daichi); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 木内 光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋１丁目６番１３号虎ノ門吉荒ビルディング５階 Tokyo (JP).

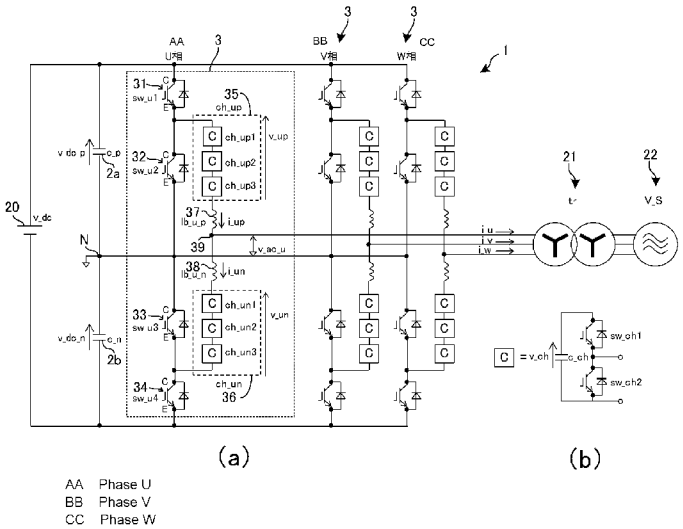
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称 : 電力変換装置



AA Phase U
BB Phase V
CC Phase W

(57) **Abstract**: A power conversion device that can keep a neutral potential constant is provided. Said power conversion device, which converts power between AC and DC, is provided with the following: series-connected capacitors 2a, 2b that are connected in parallel with a DC power supply 20 and divide an input DC voltage therefrom so as to create a neutral potential; a plurality of legs 3 that are each connected in parallel with the DC power supply 20 and that contain chopper cells C for converting DC to AC; and a control unit that controls circulating currents that are made to flow through the legs 3 for the respective phases in order to balance the chopper-cell output voltages in the respective legs 3. The control unit contains a neutral-potential control unit that superimposes, onto the DC circulating current made to flow between DC terminals for each phase, a neutral current for keeping the abovementioned neutral potential constant. Said neutral-potential control unit makes at least one of the abovementioned capacitors 2a, 2b circulate the circulating currents with the aforementioned neutral currents superimposed thereupon.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/031430 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

中性点電位を一定に保つことのできる電力変換装置を提供する。交流と直流の間で電力を変換する電力変換装置であって、直流電源２０と並列に接続され、直流電源２０の入力直流電圧を分割して中性点電位を作るための直列接続されたコンデンサ２ａ，２ｂと、直流電源２０と並列に各々接続され、直流を交流に変換するためのチョッパセルＣを含む複数のレグ３と、各相のレグ３のチョッパセル出力電圧をバランスさせるために各相のレグ３内に流す循環電流を制御する制御部と、を備え、制御部は、各相の直流端子間に流す直流循環電流に、中性点電位を一定に制御するための中性点電流を重畳する中性点電位制御部を有し、中性点電位制御部は、コンデンサ２ａ，２ｂの少なくとも何れかに中性点電流を重畳した循環電流を流させる。

明　細　書

発明の名称 ： 電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、直流と交流との間で相互に電力を変換する電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、風力発電や太陽光発電、太陽熱発電などの再生可能エネルギーの普及が促進されているが、より大電力を再生可能エネルギーで賄うために、洋上風力発電や、砂漠地帯での太陽光、太陽熱発電が検討され始めている。洋上風力発電においては、発電された電力を消費地である都市まで海底ケーブルで大電力送電したり、アフリカや中国奥部の砂漠地帯から、ヨーロッパや沿岸地帯の大都市まで大電力を長距離にわたって高効率に送電したりすることが必要になる。このような要求には、従来の三相交流による電力送電よりも、直流送電のほうが高効率で、コストを抑えながら設置することが可能になるため、直流送電網の構築が検討され始めている。

[0003] 直流送電においては、発電された交流電力を直流送電用の直流に変換するコンバータや、送電されてきた直流を都市内の交流に変換するインバータなどの電力変換装置が必要になる。交流系統にコンバータ、インバータのスイッチングに伴う高調波が流出しないように、正弦波に近い電圧波形を出力することができ、出力フィルタを削減できるＭＭＣ（モジュラーマルチレベルコンバータ）が実用化されている。

[0004] 従来の直流送電用途に使用されるＭＭＣの一例を図１０に示す。図１０（ａ）に示すように、ＭＭＣ１０１は、直流電源１２０とそれぞれ並列に接続された交流電圧を生成するＵ相、Ｖ相及びW相レグ１０３を備える。各レグ１０３は、生成した交流電圧を所望の交流電圧に変換する三相トランス１２１と接続され、この三相トランス１２１が電力系統１２２と接続されている。

[0005] 各相のレグ１０３の構成は何れも同様であるため、Ｕ相レグ１０３について説明すると、Ｕ相レグ１０３は、入力直流電圧から交流電圧を生成するための手段であり、直列接続された１２個のチョッパセルＣを有している。すなわち、Ｕ相レグ１０３は、チョッパセルＣが６つ直列接続されてなる正側の上アーム１０４ａと、チョッパセルＣが６つ直列接続されてなる負側の下アーム１０４ｂとからなる。

[0006] 上アーム１０４ａ及び下アーム１０４ｂの間には、三相トランス１２１と接続される交流出力端子１３９が設けられ、上アーム１０４ａ及び端子１３９の間にリアクトルｌｂ＿ｕｐが配置され、下アーム１０４ｂ及び端子１３９の間にリアクトルｌｂ＿ｕｎが配置されている。チョッパセルＣは、図１０（ｂ）に示すように、自己消弧能力を備える２つのスイッチｓｗ＿ｃｈ１，ｓｗ＿ｃｈ２が直列接続されてなるレグ１０５と、レグ１０５に並列接続されたコンデンサｃ＿ｃｈとから構成される。チョッパセルＣは、コンデンサｃ＿ｃｈを直流電圧源として、スイッチｓｗ＿ｃｈ１がオン時にコンデンサｃ＿ｃｈの電圧ｖ＿ｃｈを出力し、スイッチｓｗ＿ｃｈ２がオン時にチョッパセルＣの両端子が同電位となる。チョッパセルＣが多直列接続されたＵ相レグ１０３は、各チョッパセルＣへのスイッチングのタイミングをずらすことにより、多段の階段状の交流電圧波形を生成する。

[0007] このＭＭＣ１０１の動作についてＵ相レグ１０３を例に説明すると、直流電源１２０の入力直流電圧ｖ＿ｄｃから正側チョッパセルｃｈ＿ｕｐ１～６の合計電圧ｖ＿ｕｐを減算し、基準電位から負側チョッパセルｃｈ＿ｕｎ１～６の合計電圧ｖ＿ｕｎを加算することによって交流電圧が得られ、さらに三相トランス１２１で所望の交流電圧に変換される。

[0008] また、リアクトルｌｂ＿ｕｐ及びｌｂ＿ｕｎによって、入力直流電圧ｖ＿ｄｃとチョッパセル出力電圧ｖ＿ｕｐ＋ｖ＿ｕｎの短絡による電流の増大が抑制される。Ｖ相レグ１０３及びW相レグ１０３についても同様である。

[0009] 以上説明した動作により、三相交流電圧を生成し、三相トランス１２１によって所望の交流電圧に変換し、電力系統１２２に三相交流電圧を供給する

。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特表２０１０－５１２１３４号公報

特許文献2：特開２０１３－１９８３８９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] ＭＭＣは、チョッパセルのコンデンサに出力交流周波数と同等の電力脈動が原理的に生じる。このコンデンサ電圧の変動を一定の値に抑制するためには、コンデンサの容量を大きくする必要があり、装置自体が大きくなってしまっていた。例えば、直流電圧が数十ｋＶ～数百ｋＶに及ぶ直流送電の場合、チョッパセルの数が多くなり、それに比例してコンデンサ体積が大きくなり、電力変換装置の体積が大きくなってしまう。

[0012] そこで、ＩＧＢＴ等の自励式スイッチング素子とこれに逆接続したダイオードからなるスイッチ（バルブ）と、チョッパセルとを組み合わせた中性点クランプ形モジュラー・マルチレベル・コンバータ（以下、ＮＰＣ－ＭＭＣという。）が検討され始めている。このＮＰＣ－ＭＭＣは、直流電源の入力直流電圧を例えば２つのコンデンサで半分に分割し、コンデンサ間に中性点電位を形成する。すなわち、入力直流電圧に対し、直列接続した２つのコンデンサを並列に接続する。ＮＰＣ－ＭＭＣは、各チョッパセルの動作タイミングをずらすことで階段状のマルチレベル電圧波形を出力でき、出力交流電圧をほぼ正弦波にできるというＭＭＣの利点を受け継ぎつつ、チョッパセル数が減少できるので、電力変換装置の設置スペースを低減できる可能性がある。

[0013] ところが、中性点電位はコンデンサやスイッチング素子の漏れ電流、放電電流の不平衡により変動してしまう。そのため、例えば、正側のコンデンサと負側のコンデンサの放電電圧のバランスが崩れて、スイッチング素子に耐

電圧を超えた電圧が印加され、スイッチング素子が故障し、その結果電力変換装置自体の故障に繋がる虞があった。

[0014] 本発明の実施形態に係る電力変換装置は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、中性点電位を一定に保つことのできる電力変換装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上記の目的を達成するために、本実施形態の電力変換装置は、交流と直流の間で電力を変換する電力変換装置であって、直流電源と並列に接続され、前記直流電源の入力直流電圧を分割して中性点電位を作るための直列接続された第１及び第２のコンデンサと、前記直流電源と並列に各々接続され、直流を交流に変換するためのチョッパセルを含む複数のレグと、各相のレグの前記チョッパセル出力電圧をバランスさせるために各相のレグ内に流す循環電流を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、各相の直流端子間に流す直流循環電流に、中性点電位を一定に制御するための中性点電流を重畳する中性点電位制御部を有し、前記中性点電位制御部は、前記第１及び第２のコンデンサの少なくとも何れかに前記中性点電流を重畳した循環電流を流させること、を特徴とする。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]（ａ）は第１の実施形態に係る電力変換装置の回路図であり、（ｂ）はチョッパセルの回路図である。

[図2]第１の実施形態に係る電力変換装置の制御部の内部構成ブロック図である。

[図3]中性点電位制御部の制御構成を示す模式図である。

[図4]１周期内の各相に重畳させる中性点電流を示す表である。

[図5]アーム間コンデンサ電圧バランス制御部の制御構成を示す模式図である。

[図6]チョッパセル群出力電圧指令値の生成方法を示す模式図である。

[図7]チョッパセル群出力電圧指令値生成部の制御構成を示す模式図である。

[図8]個別コンデンサ電圧バランス制御部の制御構成を示す模式図である。

[図9]チョッパセルの電圧出力方法を説明するための図である。

[図10]（ａ）は従来のＭＭＣを説明するための図であり、（ｂ）はチョッパセルの回路図である。

発明を実施するための形態

[0017] ［１．第１の実施形態］

［１－１．概略構成］

以下では、図１～図９を参照しつつ、本実施形態の電力変換装置について説明する。図１は、本実施形態の電力変換装置の回路図であり、図２は、本実施形態の電力変換装置の制御部の内部構成ブロック図である。

[0018] 図１（ａ）に示すように、本実施形態の電力変換装置１は、直流電源２０と接続され、入力直流電圧ｖ_ｄｃを三相の交流電圧ｖ_ａｃに変換し、三相トランス２１を介して電力系統２２に交流電力を出力するものである。

[0019] 本電力変換装置１は、直流電源２０と並列に接続され、その入力直流電圧ｖ_ｄｃを分割して中性点電位を作るための互いに直列接続されたコンデンサ２ａ，２ｂと、直流電源２０と並列に各々接続され、直流電源２０の直流を交流に変換するための単位変換器となるチョッパセルＣを含むＵ相、Ｖ相及びW相のレグ３と、各レグ３のチョッパセルＣの出力電圧をバランスさせるために各相のレグ３内に流す循環電流を制御する制御部５と、を備える。

[0020] なお、Ｕ相、Ｖ相、W相の電力変換装置の構成は同じであるので、適宜代表してＵ相について説明する。また、以下に示す電流、電圧は、不図示の電流検出器及び電圧検出器によって検出され、その検出値が制御部５に入力可能に構成されていることを前提とする。

[0021] 本電力変換装置１は、例えば、Ｕ相交流電圧が正、Ｖ相交流電圧及びW相交流電圧が負である場合、Ｕ相レグ３においては、スイッチ３１，３３をオンにして、直流正端子－スイッチ３１－チョッパセル群回路３５－チョッパセル群回路３６－スイッチ３３－直流中性点Ｎの経路を形成し、コンデンサ２ａからチョッパセル群回路３５，３６のチョッパセルＣの電圧を一定にす

るＵ相循環電流が供給される。Ｖ相レグ３及びW相レグ３においては、スイッチ３２，３４をオンにして、直流中性点Ｎ－スイッチ３２－チョッパセル群回路３５－チョッパセル群回路３６－スイッチ３４－直流負端子の経路を形成し、コンデンサ２ｂからチョッパセル群回路３５，３６のチョッパセルＣの電圧を一定にするＶ相循環電流及びW相循環電流が供給される。

[0022] 本実施形態では、制御部５により、コンデンサ２ａ，２ｂを制御して、各相の循環電流に中性点電位を一定にする中性点電流を重畳させることにより、直流中性点Ｎの電位を一定に制御する。例えば、コンデンサ２ａの電圧がコンデンサ２ｂの電圧よりも大きい場合、バランスを取るために、高電圧なコンデンサ２ａの余分な電力を放電させるために中性点電流ｉを重畳させてＵ相レグ３内に流す。一方、Ｖ相レグ３及びW相レグ３内に－（１／２）ｉを重畳させて、余分な分の中性点電流ｉが低電圧なコンデンサ２ｂに充電されるようにする。このようにして、コンデンサ２ａ，２ｂのバランスを図り、中性点電位を一定に制御する。

[0023] ［１－２．詳細構成］

［コンデンサ］

コンデンサ２ａ，２ｂは、直流コンデンサであり、互いに直列接続されて、直流電源２０の正端子及び負端子間に並列に配置されている。両コンデンサ２ａ，２ｂ間には直流中性点Ｎが形成されている。本実施形態における基準電位は、入力直流電圧ｖ_ｄｃをコンデンサ２ａ，２ｂで分割して作られる直流中性点Ｎの電位とし、中性点電位は、入力直流電圧ｖ_ｄｃの概１／２である。直流中性点Ｎを基準としてコンデンサ２ａを正側コンデンサ２ａ、コンデンサ２ｂを負側コンデンサ２ｂと呼ぶ場合がある。なお、コンデンサ２ａ，２ｂは、後述のチョッパセルＣのコンデンサより容量が小さい。

[0024] ［レグ］

各相のレグ３は、直流電源２０とそれぞれ並列に接続されている。何れのレグ３も同様の構成であるので、Ｕ相レグ３の構成を例に説明する。Ｕ相レグ３は、スイッチ３１～３４と、直流を交流に変換するためのチョッパセル

Ｃを備えたチョッパセル群回路３５，３６と、リアクトル３７，３８とを有している。

[0025]（スイッチ）

スイッチ３１～３４は、オン時には電流を一方向に流すＩＧＢＴやＭＯＳＦＥＴ等の自己消弧能力を有するスイッチング素子と、このスイッチング素子に逆並列に接続された帰還ダイオードとで構成される逆導通スイッチである。スイッチ３１～３４は、直流電源２０の入力直流電圧ｖ_ｄｃにより耐電圧が決定される。入力直流電圧ｖ_ｄｃに対して、ｖ_ｄｃ／２の電圧にスイッチング時のサージ電圧の重畳を考慮し、使用する素子を決定する。直流電圧が数十ｋＶ以上に及ぶと、１素子で耐電圧を持たせることは困難になり、複数の素子を直列にする必要がある。本実施形態では１つのスイッチに対し１素子を含むが、１つのスイッチに複数の素子を直列にする場合もスイッチ３１～３４と称する。

[0026] スイッチ３１～３４は、直流正端子及び直流負端子間にこの順に直列接続されている。直流正端子にはスイッチ３１のコレクタ（Ｃ）が接続され、直流負端子にはスイッチ３４のエミッタ（Ｅ）が接続されている。スイッチ３２のエミッタ（Ｅ）及びスイッチ３３のコレクタ（Ｃ）がコンデンサ２ａ，２ｂにより分割される直流中性点Ｎに接続されている。スイッチ３１～３４のオンオフによって、直流循環電流の経路を形成する。

[0027]（チョッパセル群回路）

チョッパセル群回路３５，３６は、Ｎ個（Ｎ≧１）のチョッパセルＣを直列接続して構成されており、チョッパセルＣを単位変換器として直流電圧を階段状の交流電圧に変換する。チョッパセルＣは、図１（ｂ）に示すように、スイッチｓｗ_ｃｈ１，ｓｗ_ｃｈ２を直列接続したレグと、直流コンデンサｃ_ｃｈとを並列接続してなる。スイッチｓｗ_ｃｈ１，ｓｗ_ｃｈ２の構成は、前述のスイッチ３１～３４の構成と同様である。チョッパセルＣは、スイッチｓｗ_ｃｈ１がオン時に直流コンデンサｃ_ｃｈの電圧ｖ_ｃｈを出力し、スイッチｓｗ_ｃｈ２がオン時にゼロ電圧となる。チョッパセル群回路３５

，３６のチョッパセルＣ数は、入力直流電圧ｖ_ｄｃと、チョッパセルコンデンサ電圧ｖ_ｃｈによって決定され、概ね（ｖ_ｄｃ／２）／ｖ_ｃｈである。本実施形態では、チョッパセルＣ数を３としている。

[0028] チョッパセル群回路３５は、その正端子がスイッチ３２のコレクタ（Ｃ）と接続され、チョッパセル群回路３６は、その負端子がスイッチ３３のエミッタ（Ｅ）と接続されている。また、チョッパセル群回路３５の負端子がリアクトル３７を介して出力交流電圧端子と接続され、チョッパセル群回路３６の正端子がリアクトル３８を介して出力交流電圧端子と接続されている。

[0029] なお、チョッパセル群回路３５は、直流側から見て正側に接続された正側のアームであり、上アームと呼ぶ場合がある。また、チョッパセル群回路３６は、直流側から見て負側に接続された負側のアームであり、下アームと呼ぶ場合がある。

[0030] （リアクトル）

本電力変換装置１を動作させると、出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕが正のとき、スイッチ３１，３３をオンにし、チョッパセル群回路３５の出力電圧ｖ_ｕｐとチョッパセル群回路３６の出力電圧ｖ_ｕｎの合計電圧ｖ_ｕｐ＋ｖ_ｕｎと、コンデンサ２ａの電圧ｖ_ｄｃ_ｐとがスイッチ３１，３３を通して短絡される。また、出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕが負のとき、スイッチ３２，３４をオンにし、合計電圧ｖ_ｕｐ＋ｖ_ｕｎと、コンデンサ２ｂの電圧ｖ_ｄｃ_ｎとがスイッチ３２，３４を通して短絡される。

[0031] このとき、電流増大を抑制するために、チョッパセル群回路３５と出力交流電圧端子３９との間にリアクトル３７が挿入され、チョッパセル群回路３６と出力交流電圧端子３９との間にリアクトル３８が挿入されている。

[0032] ［制御部］

制御部５は、各チョッパセルＣの出力電圧を一定にするために各相のレグ３内に流す循環電流を制御する。そのため、各相レグ３のスイッチ３１～３４及びチョッパセルＣのスイッチｓｗ_ｃｈ１，ｓｗ_ｃｈ２に対してオン又はオフにする指令を出力する。制御部５は、図２に示すように、ＣＰＵ等を

搭載したコンピュータのソフトフェア処理等によって実現される各相出力電圧制御部５１、各相コンデンサ電圧バランス制御部５２、中性点電位制御部５３、アーム間コンデンサ電圧バランス制御部５４、循環電流ＡＣＲ部５５、チョッパセル群出力電圧指令値生成部５６、及び個別コンデンサ電圧バランス制御部５７を備えている。

[0033] （制御動作）

以下では、各部５１～５７の制御動作と制御構成を合わせて説明する。

[0034] 各相出力電圧制御部５１は、各相の出力交流電流ｉ_ｕ，ｉ_ｖ，ｉ_ｗから各相の電圧指令値ｖ_ｕ＊，ｖ_ｖ＊，ｖ_ｗ＊を算出する。すなわち、各相出力電圧制御部５１は、３相／ＤＱ変換部５１１、ＡＣＲ部５１２、及びＤＱ／３相変換部５１３を有しており、Ｕ相を例に説明すると、各相出力電圧制御部５１には、検出されたＵ相上アーム電流ｉ_ｕｐ及びＵ相下アーム電流ｉ_ｕｎが入力され、ｉ_ｕｐ－ｉ_ｕｎ＝Ｕ相電流ｉ_ｕを算出する。同様にｉ_ｖ，ｉ_ｗを算出する。次いで３相／ＤＱ変換部５１１は、算出されたｉ_ｕ，ｉ_ｖ，ｉ_ｗを３相／ＤＱ変換し、Ｄ軸電流ｉ_ｄ及びＱ軸電流ｉ_ｑを算出し、ＡＣＲ部５１２に出力する。

[0035] ＡＣＲ部５１２は、Ｄ軸電流ｉ_ｄ及びＱ軸電流ｉ_ｑと、Ｄ軸電流指令値ｉ_ｄ＊及びＱ軸電流指令値ｉ_ｑ＊の入力を受け、Ｄ軸電流ｉ_ｄ及びＱ軸電流ｉ_ｑが、Ｄ軸電流指令値ｉ_ｄ＊及びＱ軸電流指令値ｉ_ｑ＊に追従するようにＰＩ制御を行い、Ｄ軸電圧指令値ｖ_ｄ＊及びＱ軸電圧指令値ｖ_ｑ＊を算出し、ＤＱ／３相変換部５１３に出力する。そして、ＤＱ／３相変換部５１３は、入力されたＤ軸電圧指令値ｖ_ｄ＊及びＱ軸電圧指令値ｖ_ｑ＊をＤＱ／３相変換し、各相の電圧指令値ｖ_ｕ＊，ｖ_ｖ＊，ｖ_ｗ＊を算出する。

[0036] 各相コンデンサ電圧バランス制御部５２は、各相のチョッパセル群回路３５，３６電圧の平均値を一定にするために制御を行う。そのために、Ｕ相を例に説明すると、出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕが直流中性点電圧より大きいときは、スイッチ３１，３３をオンにし、直流正端子－スイッチ３１－チョッパセル群回路３５－チョッパセル群回路３６－スイッチ３３－直流中性点Ｎの

経路で直流循環電流を流す。一方、出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕが直流中性点電圧より小さいときは、スイッチ３２，３４をオンにし、直流中性点Ｎ－スイッチ３２－チョッパセル群回路３５－チョッパセル群回路３６－スイッチ３４－直流負端子の経路で直流循環電流を流す。

[0037] このような制御動作を実現するために、各相コンデンサ電圧バランス制御部５２は、Ｕ相レグ３のチョッパセル群回路３５，３６の電圧ｖ_ｕｐ，ｖ_ｕｎの平均値ｖ_ｃｈ_ｕ（＝（ｖ_ｕｐ＋ｖ_ｕｎ）／２）を計算し、所望の指令値に追従するようにＰＩ制御を行い、循環電流指令値ｉ_ｃ_ｕ０＊を計算する。Ｖ相、Ｗ相についても同様な制御を行い、各相コンデンサ電圧制御部５２は、得られた各相の循環電流指令値ｉ_ｃ_ｕ０＊，ｉ_ｃ_ｖ０＊，ｉ_ｃ_ｗ０＊を中性点電位制御部５３に出力する。

[0038] 中性点電位制御部５３は、直流中性点Ｎの中性点電位を一定に制御する。一般に、コンデンサやスイッチング素子には個体毎にバラツキがあるため、実際には正側コンデンサ２ａと負側コンデンサ２ｂの充放電電流は異なり、中性点電圧は入力直流電圧ｖ_ｄｃのちょうど１／２には保たれない。そこで、本実施形態では、中性点電位に意図的に電流ｉ_ｎｐを流し込むことにより、中性点電圧を一定に保つ。これを実現するために、本実施形態では、中性点電流指令値ｉ_ｎｐ＊を、各相の直流循環電流に重畳させる。

[0039] より詳細には、中性点電位制御部５３は、図３に示すように、中性点電流指令値算出部５３１と、中性点電流重畳部５３２とを備える。中性点電流指令値算出部５３１は、コンデンサ２ａの電圧ｖ_ｄｃ_ｐとコンデンサ２ｂの電圧ｖ_ｄｃ_ｎの入力を受け、これらの差電圧を算出し、１／２をかける。さらに、移動平均フィルタを通過させ、差電圧がゼロに追従するようにＰＩ制御を行い、中性点電流指令値ｉ_ｎｐ＊を算出する。

[0040] 差電圧に１／２をかけるのは、例えばコンデンサ２ａの電圧ｖ_ｄｃ_ｐが上昇した場合、その分コンデンサ２ｂの電圧ｖ_ｄｃ_ｎが低下するので、上昇した分を正確に得るためである。

[0041] 移動平均フィルタを有するのは、制御への影響を排除するためである。す

なわち、三相ＮＰＣ－ＭＭＣは正側コンデンサ２ａ及び負側コンデンサ２ｂが供給する電流が交流電圧周波数の３倍の周波数で変動することに起因して、中性点電位が交流電圧周波数の３倍で変動する。このような高調波成分がコンデンサ２ａ，２ｂの電圧差に含まれており、ハンチング等の制御への影響をなくすために移動平均を取っている。

[0042] 移動平均の周期は出力交流電圧周期のレグ数倍以上（ここでは３倍）とすることで、制御への影響をさらに排除することができる。また、移動平均フィルタの代わりにローパスフィルタにより高調波成分を除去するようにしても良い。さらに、これらのフィルタを設けなくても、ＰＩ制御の際のゲインを高くしてＰＩ制御応答速度を速くすることで、正側コンデンサ２ａ，負側コンデンサ２ｂの３倍周波数変動を抑制することができる。ゲインを高くするとは、例えば、少なくとも何れかのフィルタを挿入する場合のＰＩ制御で用いるゲインよりも大きくすることをいう。

[0043] 中性点電流重畳部５３２は、中性点電流指令値算出部５３１で得た中性点電流指令値ｉ_ｎｐ＊を、各相の循環電流指令値に重畳する。その方法をＵ相交流電圧の位相θ＝π／３～２π／３のときを例に説明する。このとき、Ｕ相交流電圧は正、Ｖ、Ｗ相交流電圧は負である。よって、Ｕ相循環電流は正側コンデンサ２ａから供給され、Ｖ、Ｗ相循環電流は負側コンデンサ２ｂから供給される。

[0044] 中性点電流指令値ｉ_ｎｐ＊をコンデンサ２ａ，２ｂが供給する循環電流に反映させるには、Ｕ相循環電流指令値ｉ_ｃ_ｕ０＊にｉ_ｎｐ＊を加算し、Ｖ、Ｗ相循環電流指令値ｉ_ｃ_ｖ０＊、ｉ_ｃ_ｗ０＊にはｉ_ｎｐ＊／２を分配して減算する。これにより、中性点電位を一定にするための各相の循環電流指令値ｉ_ｃ_ｕ１＊，ｉ_ｃ_ｖ１＊，ｉ_ｃ_ｗ１＊を算出する。

[0045] Ｕ相交流電圧の位相θ＝π／３～２π／３以外の中性点電流指令値ｉ_ｎｐ＊の重畳方法は同様であり、その重畳量は図４に示した通りである。すなわち、三相のうち、二相が正、一相が負の場合、正の二相においてはｉ_ｎｐ＊／２ずつ加算し、負の一相においては－ｉ_ｎｐ＊を加算する。一相が正、二

相が負の場合、正の一相においてｉ＿ｎｐ＊を加算し、負の二相においてーｉ＿ｎｐ＊／２ずつ加算する。なお、三相の中性点電流指令値を合計するとゼロとなる。

[0046] なお、二相構成の電力変換装置の場合も、同様の制御方法で中性点電圧を一定にできる。

[0047] 中性点電位制御部５３は、得られた中性点電位を一定にするための各相の循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ１＊，ｉ＿ｃ＿ｖ１＊，ｉ＿ｃ＿ｗ１＊をアーム間コンデンサ電圧制御部５４に出力する。

[0048] アーム間コンデンサ電圧バランス制御部５４は、チョッパセル群回路３５のコンデンサ電圧平均値ｖ＿ｃｈ＿ｕｐ及びチョッパセル群回路３６のコンデンサ電圧平均値ｖ＿ｃｈ＿ｕｎを同一にする。これを実現するため、出力交流電圧が直流中性点電圧より大きいときは、直流正端子ースイッチ３１ーチョッパセル群回路３５ーチョッパセル群回路３６ースイッチ３３ー直流中性点Ｎの経路に、出力交流電圧と同一周波数の交流循環電流を流す。出力交流電圧が直流中性点電圧より小さいときは、直流中性点Ｎースイッチ３２ーチョッパセル群回路３５ーチョッパセル群回路３６ースイッチ３４ー直流負端子の経路に、出力交流電圧と同一周波数の交流循環電流を流す。

[0049] すなわち、図５に示すように、上アーム３５のコンデンサ電圧平均値ｖ＿ｃｈ＿ｕｐ及び下アーム３６のコンデンサ電圧平均値ｖ＿ｃｈ＿ｕｎの入力を受け、ｖ＿ｃｈ＿ｕｐからｖ＿ｃｈ＿ｕｎを減算して比例積分制御した値を正弦関数に代入した値を交流循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ａｃ＊とする。これと中性点電位を一定にするためのＵ相の循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ１＊とを加算することで、Ｕ相循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ＊を算出する。従って、Ｕ相循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ＊は、直流循環電流に交流循環電流を足し合わせたものとなる。アーム間コンデンサ電圧制御部５４は、同様にＶ相、Ｗ相についても循環電流指令値を算出し、算出した各相循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ＊，ｉ＿ｃ＿ｖ＊，ｉ＿ｃ＿ｗ＊を循環電流ＡＣＲ部５５に出力する。

[0050] 循環電流ＡＣＲ部５５は、入力されたＵ相循環電流指令値ｉ＿ｃ＿ｕ＊にＵ

相循環電流ｉ_ｃ_ｕが追従するように比例積分制御を行い、Ｕ相循環電圧指令値ｖ_ｃ_ｕ＊を生成する。循環電流ＡＣＲ５５は、同様にＶ相、Ｗ相についても生成し、各相の循環電圧指令値ｖ_ｃ_ｕ＊，ｖ_ｃ_ｖ＊，ｖ_ｃ_ｗ＊をチョッパセル群出力電圧指令値生成部５６に出力する。

[0051] 次いで、チョッパセル群出力電圧指令値生成部５６は、各チョッパセル群回路３５，３６が出力する電圧指令値を生成する。Ｕ相を例に図６で説明すると、図６のタイミングｔ１のように、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎより大きいときは、スイッチ３１，３３をオンにし、スイッチ３２，３４をオフにする。チョッパセル群回路３５が入力直流電圧ｖ_ｄｃと出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕの差電圧を出力し、チョッパセル群回路３６が出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕと直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎの差電圧を出力する。図６のタイミングｔ２のように、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎより小さいときは、スイッチ３２，３４をオンにし、スイッチ３１，３３をオフにする。チョッパセル群回路３５が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎと出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕの差電圧を出力し、チョッパセル群回路３６が出力交流電圧ｖ_ａｃ_ｕと直流負電圧の差電圧を出力する。

[0052] これらの差電圧は、図７に示すチョッパセル群出力電圧指令値生成部５６によって実現される。Ｕ相上アーム電圧指令値ｖ_ｕｐ＊は、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎ以上のときは、ｖ_ｕｐ＊＝ｖ_ｄｃ－ｖ_ｕ＊－ｖ_ｃ_ｕ＊とし、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎより小さいときは、ｖ_ｕｐ＊＝ｖ_ｄｃ_ｎ－ｖ_ｕ＊－ｖ_ｃ_ｕ＊で演算される。Ｕ相下アーム電圧指令値ｖ_ｕｎ＊は、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎ以上のときは、ｖ_ｕｎ＊＝ｖ_ｕ＊－ｖ_ｄｃ_ｎ－ｖ_ｃ_ｕ＊とし、交流電圧指令値ｖ_ｕ＊が直流中性点電圧ｖ_ｄｃ_ｎより小さいときは、ｖ_ｕｎ＊＝ｖ_ｕ＊－ｖ_ｃ_ｕ＊で演算される。

[0053] 個別コンデンサ電圧バランス制御部５７は、チョッパセル群回路３５，３６の各チョッパセルＣの出力電圧を同一になるように調整する。すなわち、Ｕ相上アーム電流ｉ_ｕｐが正のときコンデンサは充電されるので、コンデン

サ電圧が小さいチョッパセルＣの出力電圧を大きくし、コンデンサ電圧が大きいチョッパセルＣの出力電圧は小さくする。Ｕ相上アーム電流ｉ_ｕｐが負のときコンデンサは放電されるので、コンデンサ電圧が小さいチョッパセルＣの出力電圧を小さくし、コンデンサ電圧が大きいチョッパセルＣの出力電圧は大きくする。

[0054] このような制御動作を実現するために、個別コンデンサ電圧バランス制御部５７は、Ｕ相のチョッパセル群回路３５を例に説明すると、図８に示すように、コンデンサ電圧ｖ_ｃｈ_ｕｐ１からチョッパセル群回路３５のコンデンサ電圧平均値ｖ_ｃｈ_ｕｐを減算し、これに比例ゲインを乗算した値に、Ｕ相アーム電流ｉ_ｕｐの符号を反転させた値－ｓｉｇｎ（ｉ_ｕｐ）を乗算し、Ｕ相アーム電圧指令値ｖ_ｕｐ＊を加算し、各チョッパセルの電圧指令値ｖ_ｕｐ１＊，ｖ_ｕｐ２＊，ｖ_ｕｐ３＊を算出する。

[0055] 次に、チョッパセルＣの電圧出力方法を説明する。この方法は全チョッパセルＣで同じであるため、チョッパセルｃｈ_ｕｐ１を例に、図９を用いて説明する。なお、チョッパセルｃｈ_ｕｐ１を構成する２個のスイッチをｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１１，ｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１２とする。

[0056] チョッパセルｃｈ_ｕｐ１の出力電圧指令値ｖ_ｕｐ１＊を出力するため、キャリア三角波ｃａｒ_ｕｐ１と比較し、出力電圧指令値ｖ_ｕｐ１＊がキャリア三角波ｃａｒ_ｕｐ１より大きいときは、スイッチｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１１をオンにし、ｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１２をオフにする。出力電圧指令値ｖ_ｕｐ１＊がキャリア三角波ｃａｒ_ｕｐ１より小さいときは、スイッチｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１１をオフにし、ｓｗ_ｃｈ_ｕｐ１２をオンにする。

[0057] チョッパセル群回路３５がＮ個のチョッパセルＣで構成される場合、キャリア三角波の位相を３６０°／Ｎずつずらすことにより、等価キャリア周波数をキャリア三角波周波数のＮ倍に大きくでき、各スイッチのオンオフをより細かく行う。従って、出力交流電圧の高調波電圧を低減し出力交流電圧を滑らかにすることができる。また、チョッパセル群回路３６に用いるキャリア三角波位相を、チョッパセル群回路３５と同一にすることにより、更に出

力交流電圧の高調波電圧を低減することができる。

[0058] ［１－３．作用・効果］

（１）本実施形態の電力変換装置１は、交流と直流の間で電力を変換する電力変換装置であって、直流電源２０と並列に接続され、直流電源２０の入力直流電圧を分割して中性点電位を作るための直列接続されたコンデンサ２ａ，２ｂと、直流電源２０と並列に各々接続され、直流を交流に変換するためのチョッパセルＣを含む複数のレグ３と、各相のレグ３のチョッパセル出力電圧をバランスさせるために各相のレグ３内に流す循環電流を制御する制御部５と、を備え、制御部５は、各相の直流端子間に流す直流循環電流に、中性点電位を一定に制御するための中性点電流を重畳する中性点電位制御部５３を有し、中性点電位制御部５３は、コンデンサ２ａ，２ｂの少なくとも何れかに中性点電流を重畳した循環電流を流させるようにした。

[0059] これにより、中性点電位を一定に保つことのできる中性点クランプ形の電力変換装置を得ることができる。また、中性点電位を一定に保つためには零相電圧を印加する方法も考えられるが、この場合、出力交流電圧の周波数に制御応答速度が依存し、結果的に中性点電位変動が大きくなり、直流コンデンサ容量を大きくなる虞がある。これに対し、本実施形態によれば、中性点電流を一周期のうちいつでも流すことができるので、出力交流電圧の周波数に依存しない制御応答速度を実現できる。

[0060] また、レグ３は、多直列接続されたスイッチ３１～３４と、チョッパセルＣが１つ又は２つ以上直列接続された一対のチョッパセル群回路３５，３６と、を有し、スイッチ３１～３４は、この順で直流電源２０と接続される直流正端子から直流負端子の間に設け、スイッチ３２及びスイッチ３３の間で直流中性点Ｎと接続され、一対のチョッパセル群回路３５，３６は、スイッチ３２，３３と並列に接続するようにした。これにより、従来のＭＭＣと比較してチョッパセル数を半数に減らすことができ、電力変換装置サイズを小さくすることができる。加えて、直流コンデンサ容量はチョッパセルのコンデンサ容量より小さく、電力変換装置サイズを小さくできる。また、チョッ

パセル数低減によりスイッチング損失が低減して変換効率を向上させることができる。

[0061] （２）中性点電位制御部５３は、コンデンサ２ａ，２ｂのうち、高電圧なコンデンサから放電させた電力を低電圧なコンデンサに充電させるようにした。これにより、中性点電位を一定に制御しやすくできる。例えば、正側コンデンサ２ａが高電圧で、負側コンデンサ２ｂが低電圧の場合、正側コンデンサ２ａの放電電流が、他の二相のレグ３を介して負側コンデンサ２ｂに充電され、コンデンサ２ａ，２ｂのバランスを取るため、双方のコンデンサ２ａ，２ｂを制御した方が中性点電位を一定に保たせやすくなる。

[0062] （３）中性点電位制御部５３は、中性点電流を各相のレグ３に分配して重畳するようにした。これにより、重畳される中性点電流が各相のレグ３に分散されるので、スイッチ３１～３４に流れる電流増大に伴う熱的負担等の負担を低減することができる。分配して重畳させない方法としては、例えば、Ｕ相レグ３にのみ中性点電流を流し、正側コンデンサ２ａを放電させてチョッパセル群回路３５のコンデンサに充電させ、Ｖ相、Ｗ相レグ３には流さないように制御することも可能であるが、この場合、Ｕ相にのみ中性点電流を重畳させるので、Ｕ相レグ３のスイッチ３１～３４に熱的な負担が増大する。これに対し、本実施形態の方法によれば、その負担を各相レグ３に分散することができる。

[0063] （４）中性点電位制御部５３は、中性点電流の指令値ｉ＿ｎｐ＊を、コンデンサ２ａ，２ｂの電圧差を比例積分制御することにより算出するようにした。これにより、コンデンサ２ａ，２ｂの電圧が同じになり、中性点電位を一定に制御することができる。

[0064] （５）中性点電位制御部５３は、コンデンサ２ａ，２ｂの電圧差に含まれる高周波数成分を除去するローパスフィルタを有するようにした。これにより、安定した中性点電流指令値を生成することができるので、高周波成分を有することによる制御への影響を排除することができる。

[0065] （６）中性点電位制御部５３は、コンデンサ２ａ，２ｂの電圧差に含まれる

高周波数成分を除去する移動平均フィルタを有するようにした。これにより、安定した中性点電流指令値を生成することができるので、高周波成分を有することによる制御への影響を排除することができる。

[0066] （７）移動平均フィルタの移動平均周期を、出力交流電圧周期のレグ数倍以上とした。これにより、中性点電流指令値を算出するためのコンデンサ２ａ，２ｂの電圧差から、出力交流電圧周期のレグ数倍の高調波成分を除去することができるので、効率的に制御への影響を排除することができる。

[0067] ［２．その他の実施形態］

本明細書においては、本発明に係る複数の実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として提示したものであって、発明の範囲を限定することを意図していない。以上のような実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の範囲を逸脱しない範囲で、種々の省略や置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

[0068] 例えば、第１の実施形態では、２つのコンデンサ２ａ，２ｂにより中性点電位を形成したが、正側で多直列接続したコンデンサと、負側で多直列接続したコンデンサとで中性点電位を形成するようにしても良い。これにより、耐電圧を大きくすることができる。また、コンデンサ２ａ，２ｂのそれぞれに対し、２個以上のコンデンサを並列接続してコンデンサ容量を大きくするようにしても良い。

[0069] 更に、第１の実施形態では、直列接続された２つのコンデンサ２ａ，２ｂに対し、３相のレグ３をそれぞれ並列接続したが、各相のレグ３に対し、直列接続された２つのコンデンサ２ａ，２ｂをそれぞれ直近に並列接続するようにしても良い。これにより、スイッチ３１～３４をオフにするときに、各相のレグ間に寄生のインダクタンスが残ることによるサージ電圧の印加を防止することができる。

符号の説明

[0070] １　電力変換装置
２ａ，２ｂ　コンデンサ
２０　直流電源
２１　三相トランスｔｒ
２２　電力系統Ｖ_Ｓ
３　レグ
３１～３４　スイッチ
３５　チョッパセル群回路（上アーム）
３６　チョッパセル群回路（下アーム）
３７，３８　リアクトル
３９　出力交流電圧端子
５　制御部
５１　各相出力電圧制御部
５１１　３相／ＤＱ変換部
５１２　ＡＣＲ部
５１３　ＤＱ／３相変換部
５２　各相コンデンサ電圧バランス制御部
５３　中性点電位制御部
５３１　中性点電流指令値算出部
５３２　中性点電流重畳部
５４　アーム間コンデンサ電圧バランス制御部
５５　循環電流ＡＣＲ部
５６　チョッパセル群出力電圧指令値生成部
５７　個別コンデンサ電圧バランス制御部
Ｃ　チョッパセル
Ｎ　直流中性点
ｓｗ_ｃｈ１，ｓｗ_ｃｈ２　チョッパセルのスイッチ
１０１　ＭＭＣ

１０３　　レグ

１０４ａ　　上アーム

１０４ｂ　　下アーム

１０５　　レグ

１２０　　直流電源

１２１　　三相トランス

１２２　　電力系統

１３９　　交流出力端子

請求の範囲

[請求項1] 交流と直流の間で電力を変換する電力変換装置であって、

直流電源と並列に接続され、前記直流電源の入力直流電圧を分割して中性点電位を作るための直列接続された第１及び第２のコンデンサと、

前記直流電源と並列に各々接続され、直流を交流に変換するためのチョッパセルを含む複数のレグと、

各相のレグの前記チョッパセル出力電圧をバランスさせるために各相のレグ内に流す循環電流を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、各相の直流端子間に流す直流循環電流に、中性点電位を一定に制御するための中性点電流を重畳する中性点電位制御部を有し、

前記中性点電位制御部は、前記第１及び第２のコンデンサの少なくとも何れかに前記中性点電流を重畳した循環電流を流させること、

を特徴とする電力変換装置。

[請求項2] 前記中性点電位制御部は、前記第１及び第２のコンデンサのうち、高電圧なコンデンサから放電させた電力を低電圧なコンデンサに充電させること、

を特徴とする請求項１記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記中性点電位制御部は、前記中性点電流を各相のレグに分配して重畳すること、

を特徴とする請求項１又は２に記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記中性点電位制御部は、前記中性点電流の指令値を、前記第１及び第２のコンデンサの電圧差を比例積分制御することにより算出すること、

を特徴とする請求項１～３の何れかに記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記中性点電位制御部は、前記第１及び第２のコンデンサの電圧差

に含まれる高周波数成分を除去するローパスフィルタを有すること、

を特徴とする請求項１～４の何れかに記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記中性点電位制御部は、前記第１及び第２のコンデンサの電圧差に含まれる高周波数成分を除去する移動平均フィルタを有すること、

を特徴とする請求項１～４の何れかに記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記移動平均フィルタの移動平均周期を、出力交流電圧周期の前記レグ数倍以上とすること、

を特徴とする請求項６に記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記レグは、

多直列接続された第１乃至第４のスイッチと、

前記チョッパセルが１つ又は２つ以上直列接続された一対のチョッパセル群回路と、

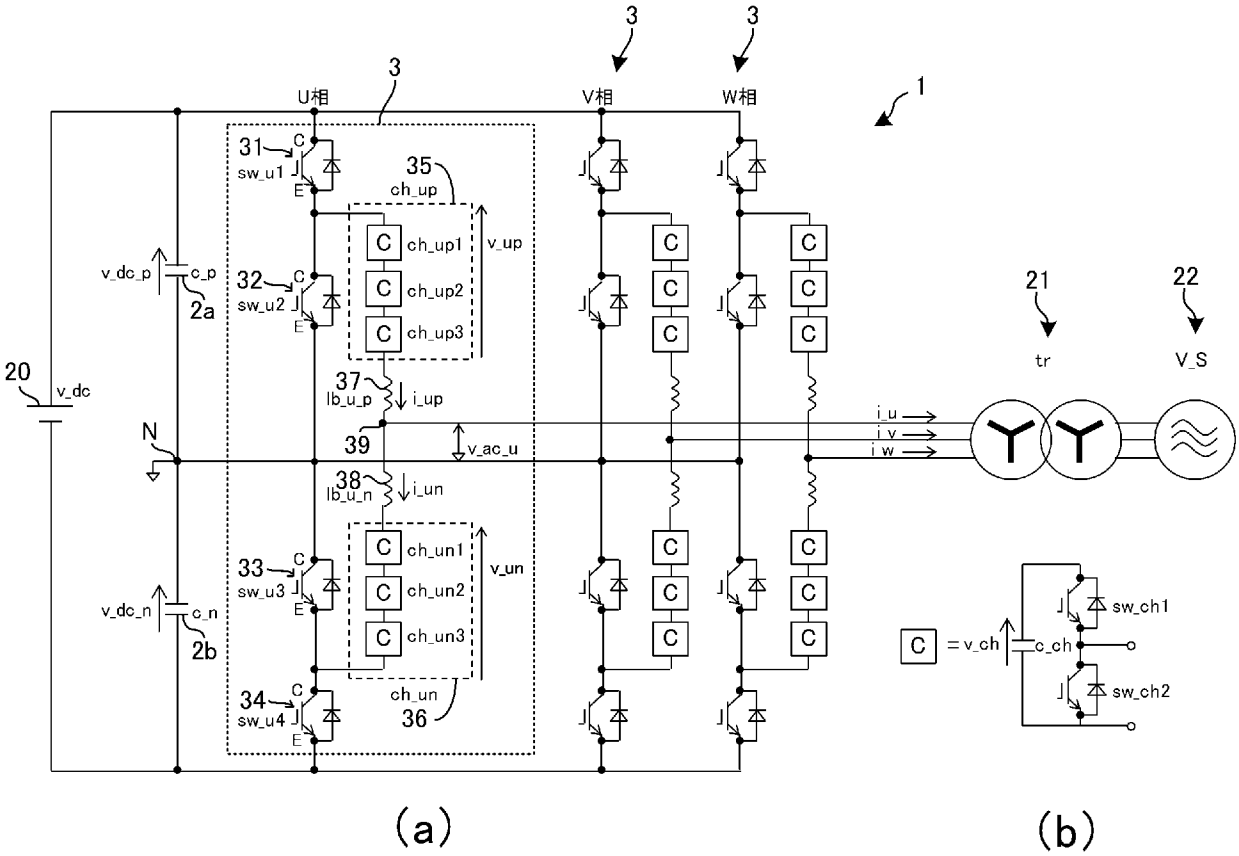
を有し、

前記第１乃至第４のスイッチは、この順で前記直流電源と接続される直流正端子から直流負端子の間に設けられ、前記第２のスイッチ及び前記第３のスイッチの間で中性点と接続され、

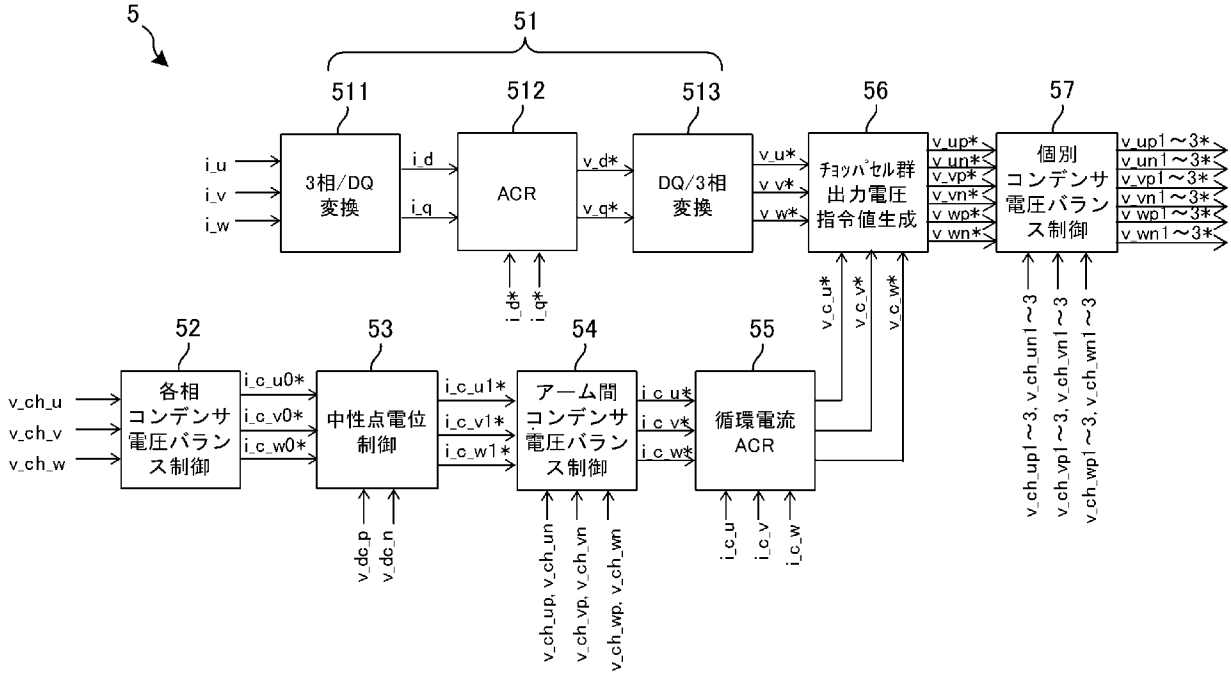
前記一対のチョッパセル群回路は、前記第２及び第３のスイッチと並列に接続されていること、

を特徴とする請求項１～７の何れかに記載の電力変換装置。

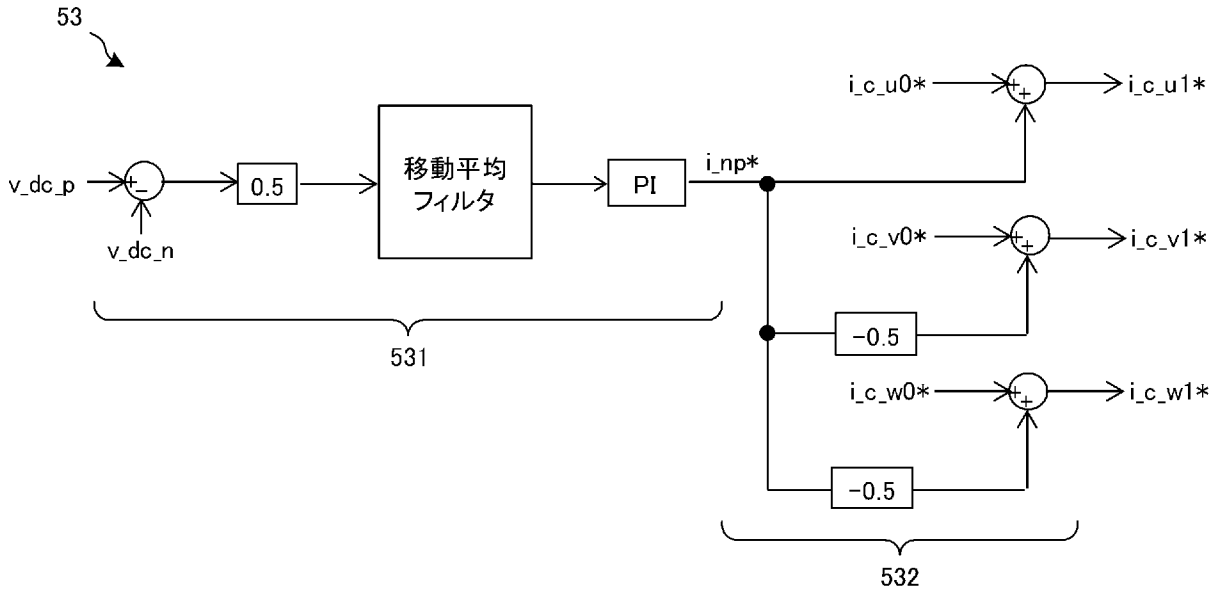
[図1]


3
3
U相
V相
W相
1
3
31
sw_u1
35
ch_up
ch_up1
ch_up2
ch_up3
v_up
v_dc_p
c_p
2a
32
sw_u2
21
22
tr
V_S
20
v_dc
37
Ib_u_p
i_up
N
39
v_ac_u
38
Ib_u_n
i_un
i_u
i_v
i_w
33
sw_u3
ch_un1
ch_un2
ch_un3
v_un
v_dc_n
c_n
2b
34
sw_u4
ch_un
36
C = v_ch
c_ch
sw_ch1
sw_ch2
(a)
(b)

[図2]


5
51
511
512
513
56
57
i_u
i_v
i_w
3相/DQ 変換
i_d
i_q
ACR
v_d*
v_q*
DQ/3相 変換
v_u*
v_v*
v_w*
チョッパセル群 出力電圧 指令値生成
v_up*
v_un*
v_vp*
v_vn*
v_wp*
v_wn*
個別 コンデンサ 電圧バラン ス制御
v_up1～3*
v_un1～3*
v_vp1～3*
v_vn1～3*
v_wp1～3*
v_wn1～3*
i_d*
i_q*
v_c_u*
v_c_v*
v_c_w*
52
53
54
55
v_ch_u
v_ch_v
v_ch_w
各相 コンデンサ 電圧バラン ス制御
i_c_u0*
i_c_v0*
i_c_w0*
中性点電位 制御
i_c_u1*
i_c_v1*
i_c_w1*
アーム間 コンデンサ 電圧バラン ス制御
i_c_u*
i_c_v*
i_c_w*
循環電流 ACR
v_dc_p
v_dc_n
v_ch_up, v_ch_un
v_ch_vp, v_ch_vn
v_ch_wp, v_ch_wn
i_c_u
i_c_v
i_c_w
v_ch_up1～3, v_ch_un1～3
v_ch_vp1～3, v_ch_vn1～3
v_ch_wp1～3, v_ch_wn1～3

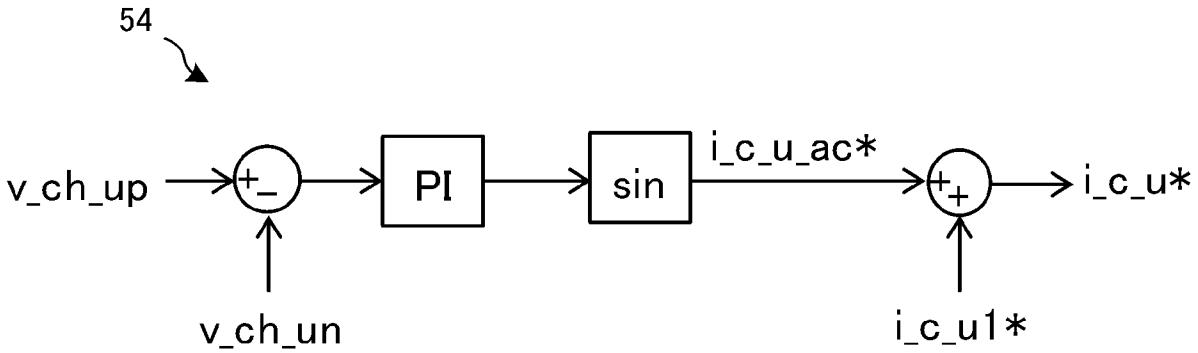
[図3]



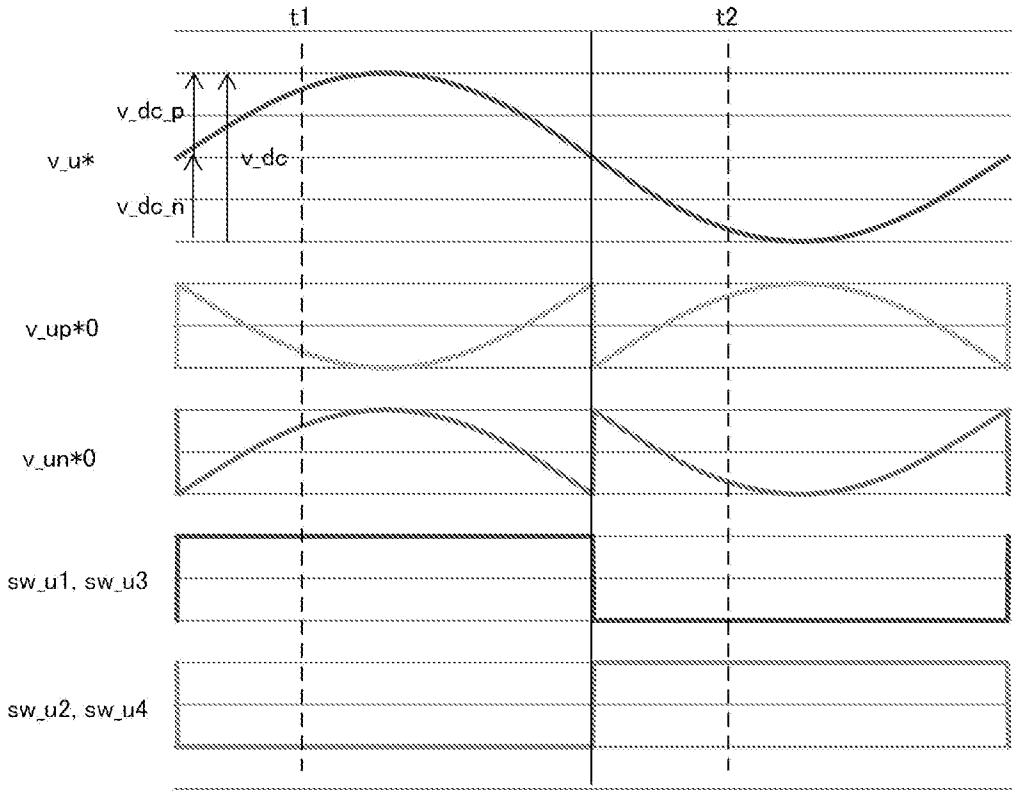
[図4]

θ (rad)	U相	V相	W相
0～π/3	0.5×i_np*	-i_np*	0.5×i_np*
π/3～2π/3	i_np*	-0.5×i_np*	-0.5×i_np*
2π/3～π	0.5×i_np*	0.5×i_np*	-i_np*
π～4π/3	-0.5×i_np*	i_np*	-0.5×i_np*
4π/3～5π/3	-i_np*	0.5×i_np*	0.5×i_np*
5π/3～2π	-0.5×i_np*	-0.5×i_np*	i_np*

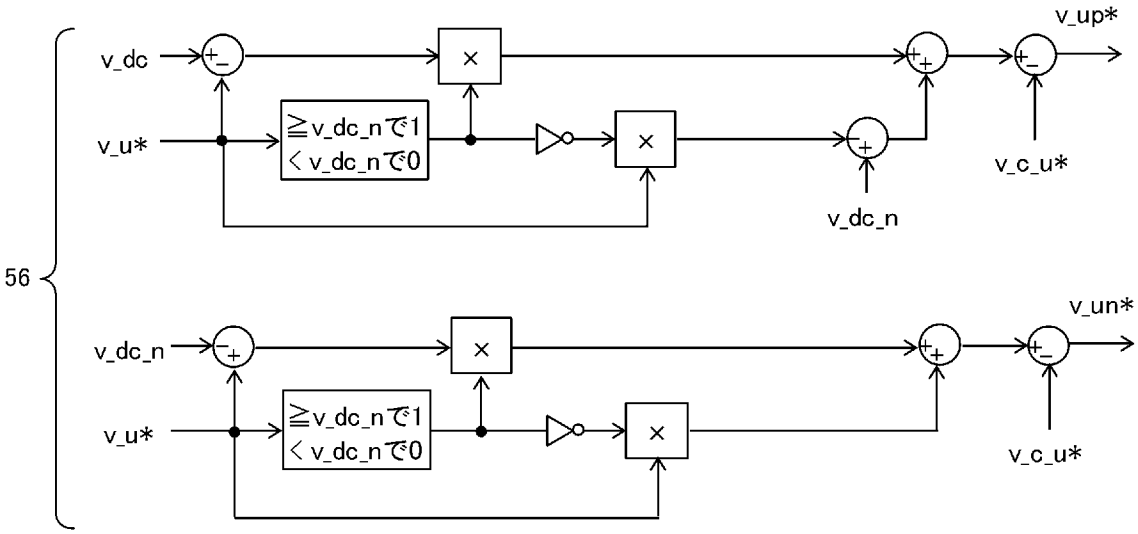
[図5]



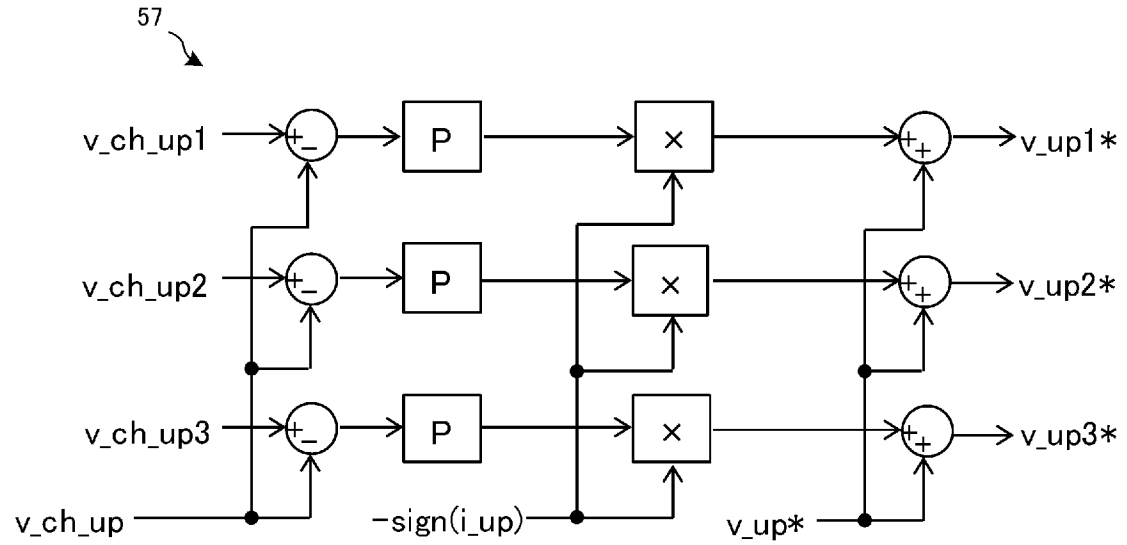
[図6]


t1
t2
v_dc_p
v_u*
v_dc
v_dc_n
v_up*0
v_un*0
sw_u1, sw_u3
sw_u2, sw_u4

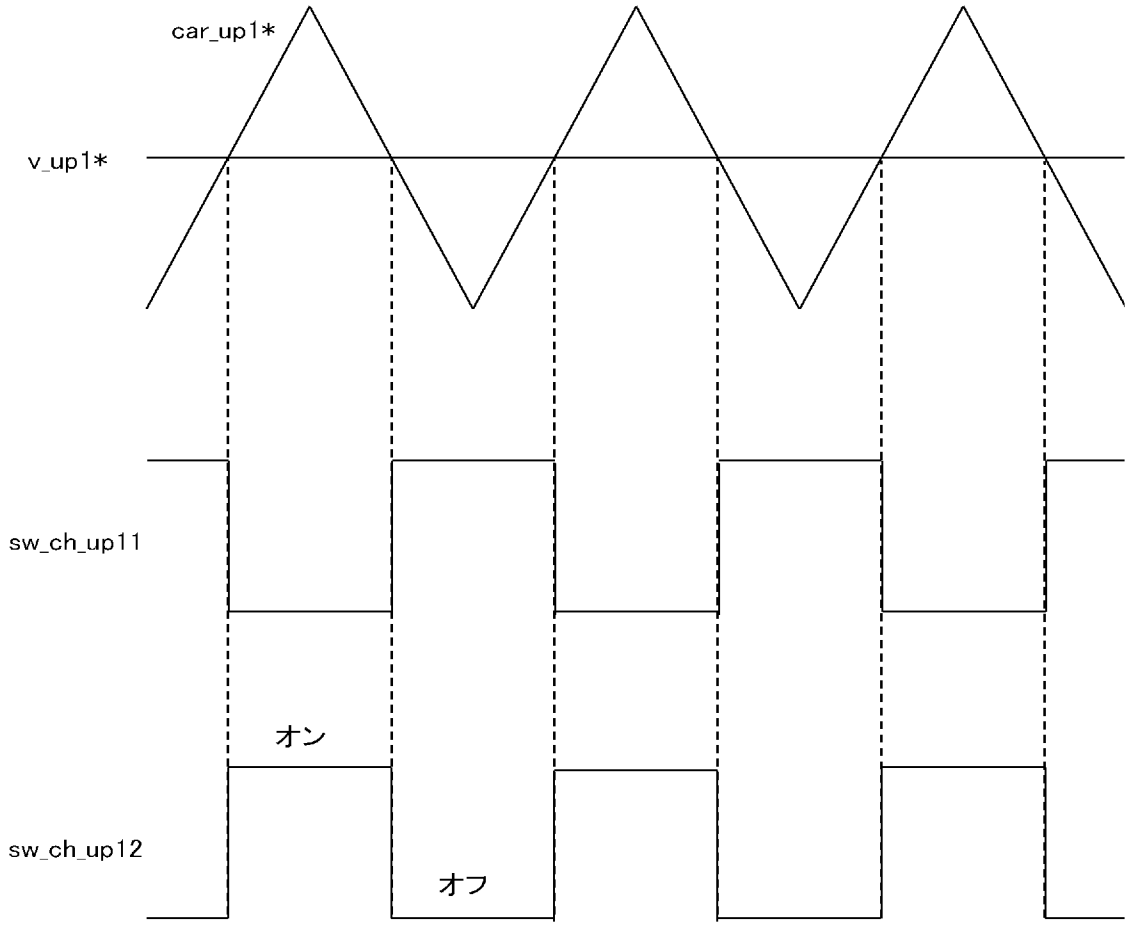
[図7]


v_dc
v_u*
≧v_dc_nで1
＜v_dc_nで0
v_up*
v_c_u*
v_dc_n
56
v_dc_n
v_u*
≧v_dc_nで1
＜v_dc_nで0
v_un*
v_c_u*

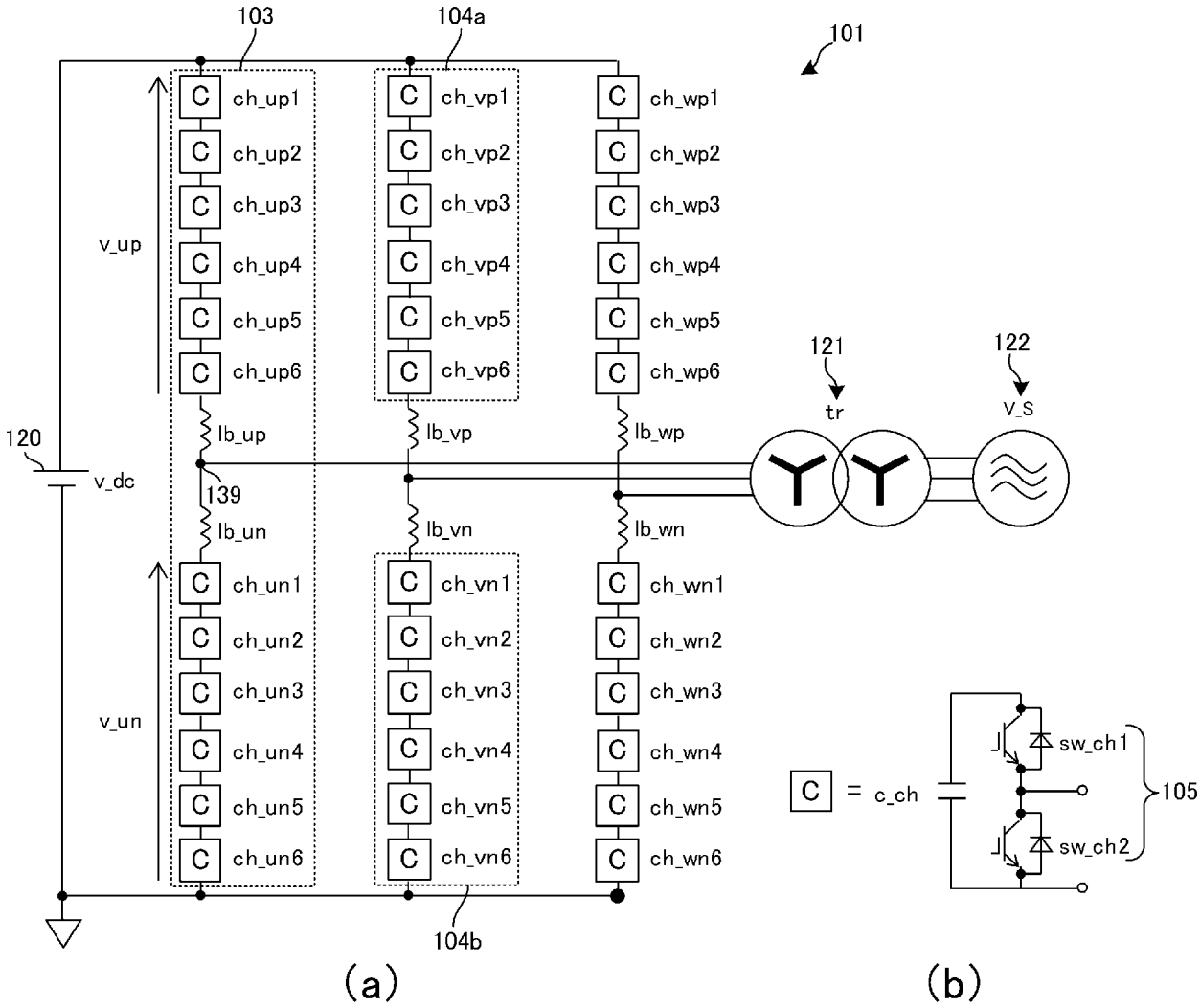
[図8]


57
v_ch_up1
v_ch_up2
v_ch_up3
v_ch_up
P
P
P
×
×
×
v_up1*
v_up2*
v_up3*
-sign(i_up)
v_up*

[図9]


car_up1*
v_up1*
sw_ch_up11
オン
sw_ch_up12
オフ

[図10]


103
104a
101
ch_up1
ch_up2
ch_up3
ch_up4
ch_up5
ch_up6
ch_vp1
ch_vp2
ch_vp3
ch_vp4
ch_vp5
ch_vp6
ch_wp1
ch_wp2
ch_wp3
ch_wp4
ch_wp5
ch_wp6
v_up
lb_up
lb_vp
lb_wp
120
v_dc
139
lb_un
lb_vn
lb_wn
ch_un1
ch_un2
ch_un3
ch_un4
ch_un5
ch_un6
ch_vn1
ch_vn2
ch_vn3
ch_vn4
ch_vn5
ch_vn6
ch_wn1
ch_wn2
ch_wn3
ch_wn4
ch_wn5
ch_wn6
v_un
104b
121
tr
122
V_S
C = c_ch
sw_ch1
sw_ch2
105
(a)
(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/070665

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M7/49(2007.01)i, *H02M7/487*(2007.01)i, *H02M7/797*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02M7/49, H02M7/487, H02M7/797

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-99054 A (Hitachi, Ltd.), 20 May 2013 (20.05.2013), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 2013-143836 A (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 22 July 2013 (22.07.2013), entire text & US 2015/0002066 A1 & WO 2013/105427 A1 & EP 2804309 A1 & CN 104040864 A	1-8
A	JP 2014-96969 A (Hitachi, Ltd.), 22 May 2014 (22.05.2014), entire text (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 September 2015 (25.09.15)	06 October 2015 (06.10.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０７０６６５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/49(2007.01)i, H02M7/487(2007.01)i, H02M7/797(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M7/49, H02M7/487, H02M7/797

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-99054 A (株式会社日立製作所) 2013.05.20, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2013-143836 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 2013.07.22, 全文 & US 2015/0002066 A1 & WO 2013/105427 A1 & EP 2804309 A1 & CN 104040864 A	1-8
A	JP 2014-96969 A (株式会社日立製作所) 2014.05.22, 全文 (ファミリーなし)	1-8

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２５．０９．２０１５	０６．１０．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｖ　３７３６
服部　俊樹
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７