

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5176710号  
(P5176710)

(45) 発行日 平成25年4月3日(2013.4.3)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl.

F 1

H02M 7/487 (2007.01)  
H02M 7/48 (2007.01)H02M 7/487  
H02M 7/48  
H02M 7/48K  
E

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2008-155628 (P2008-155628)

(22) 出願日

平成20年6月13日 (2008.6.13)

(65) 公開番号

特開2009-303401 (P2009-303401A)

(43) 公開日

平成21年12月24日 (2009.12.24)

審査請求日

平成22年6月14日 (2010.6.14)

(73) 特許権者 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

(72) 発明者 山中 克利

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

審査官 松本 泰典

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性点クランプ電力変換装置とその制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

3 値の電位をもつ直流電源と、前記 3 値の電位を 3 相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、

出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、

前記 3 値の電位をもつ直流電源の 3 つの異なる電位差に基づき、当該 3 つの電位差のそれぞれに対応する長さの出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、

前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、

を備えることを特徴とする中性点クランプ電力変換装置。

10

## 【請求項 2】

前記 3 値の電位をもつ直流電源は直流発電機およびバッテリで構成されることを特徴とする請求項 1 記載の中性点クランプ電力変換装置。

## 【請求項 3】

前記誘導性負荷は、電動機であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の中性点クランプ電力変換装置。

## 【請求項 4】

前記電圧ベクトル演算部は、前記電動機の停止中に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスクチャージする電圧ベクトルを

20

生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電することを特徴とする請求項 3 記載の中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 5】**

前記電動機を回転駆動中に、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを生成し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 6】**

前記誘導性負荷は系統交流電源であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 7】**

出力に誘導性フィルタを備え、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記誘導性フィルタのインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電することを特徴とする請求項 6 記載の中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 8】**

3 値の電位をもつ直流電源と、前記 3 値の電位を 3 相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、

出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、

前記 3 値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、

前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、

前記誘導性負荷は、電動機であり、

前記電圧ベクトル演算部は、前記電動機の停止中に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、

前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスチャージする電圧ベクトルと出力時間の積との和は零であることを特徴とする中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 9】**

3 値の電位をもつ直流電源と、前記 3 値の電位を 3 相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、

出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、

前記 3 値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、

前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、

前記誘導性負荷は、電動機であり、

前記電動機を回転駆動中に、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを生成し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、

前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスチャ

10

20

30

40

50

ージする電圧ベクトルと出力時間の積との和は零であることを特徴とする中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 10】**

3 値の電位をもつ直流電源と、前記 3 値の電位を 3 相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、

出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、

前記 3 値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、

前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、

前記誘導性負荷は系統交流電源であり、

出力に誘導性フィルタを備え、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記誘導性フィルタのインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスクチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、

前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスクチャージする電圧ベクトルと出力時間の積との和は零であることを特徴とする中性点クランプ電力変換装置。

**【請求項 11】**

3 値の電位をもつ直流電源と、前記直流電源が直流発電機およびバッテリで構成され、前記 3 値の電位を 3 相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置の制御方法において、

出力 3 相電圧またはベクトルの電圧指令を演算するステップと、

電圧指令の a , b ベクトル方向の成分と電圧指令の存在する領域を演算するステップと、

外部から入力されるバッテリを充電するか否かの指令に基づいて、出力する電圧ベクトルを選択し、スイッチング回数が少なくなるよう決定するステップと、

電圧ベクトルの出力時間を演算するステップと、

出力電圧ベクトルの順序と時間に基づいて電力変換部のスイッチをオンオフ駆動させるステップと、

を備えることを特徴とする中性点クランプ電力変換装置の制御方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、バッテリや発電機等を組み合わせた3値をもつ直流電源から任意の周波数へ電力変換をする中性点クランプ電力変換装置に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

3 値の電位を持つ直流電源から、3 相交流へ変換する電力変換装置の回路構成は、中性点クランプ式電力変換装置（例えば、特許文献 1 の中性点固定型電力変換装置 図 1 ）が一般的である。バッテリや燃料電池などを直流電源として、3 相交流へ変換する電力変換装置としては、マトリクスコンバータを応用した回路構成（例えば、特許文献 2 図 1 や特許文献 3 図 4 ）などがある。

中性点クランプ式電力変換装置は 2 つの直流電源を直列接続し、電源の高圧電位、低圧電位および、その接続点である中間電位をスイッチ素子により選択出力して PWM 变調を行い 3 相交流へ電力変換している。中性点の電位を制御するために出力するベクトルを変えて PWM を行っている（特許文献 4 参照）

特許文献 2 の電力変換装置では、高圧の燃料電池と低圧のバッテリを使って、モータ駆動し、回生電力はバッテリへ充電し、チョッパ回路によって、燃料電池からバッテリへの

10

20

30

40

50

充電ができるような回路構成になっている。

特許文献3の電力変換装置では、燃料電池とバッテリを切替えてモータ駆動し、モータの回生電力をバッテリに充電している。

マトリクスコンバータにはスイッチ素子の保護回路や複雑な保護動作が必須である（特許文献5 図8）。

【特許文献1】特開2003-88128号公報（第8頁、図1）

【特許文献2】特開2006-60912号公報（第15頁、図1）

【特許文献3】特開2006-129644号公報（第12頁、図4）

【特許文献4】特開2001-57784号公報

【特許文献5】特開2000-139076号公報（第11頁、図8）

10

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0003】

従来のマトリクスコンバータを利用した電力変換装置は、双方向スイッチを用いて電流を切替える際には、複雑なスイッチングシーケンスが必要であるという問題がある。また、直流電源からの電力を切替えるのに、それぞれの直流電源に応じて電圧指令を補正するといった複雑な補正処理が必要であるといった問題があった。更に、マトリクスコンバータは、双方向スイッチを使用するので、負荷電流を完全に遮断してしまう場合があり、双方向スイッチに使用される半導体素子を保護するために、別途、負荷電流を還流させてサージ電圧を抑制するためのスナバ回路が必要であるという問題があった。

20

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、空間ベクトルを利用し、PWM演算を簡単化するとともに、燃料電池からバッテリを充電することができ、追加のスナバ回路が不要な小形・低コストの中性点クランプ電力変換装置とその制御方法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】

##### 【0004】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1記載の発明は、3値の電位をもつ直流電源と、前記3値の電位を3相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、出力電圧の指令値を決定する出力電圧指令演算部と、前記3値の電位をもつ直流電源の3つの異なる電位差に基づき、当該3つの電位差のそれぞれに対応する長さの出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備えることを特徴とするものである。

30

請求項2記載の発明は、請求項1記載の中性点クランプ電力変換装置において、前記3値の電位をもつ直流電源は直流発電機およびバッテリで構成されることを特徴とするものである。

請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の中性点クランプ電力変換装置において、前記誘導性負荷は、電動機であることを特徴とするものである。

請求項4記載の発明は、請求項3記載の中性点クランプ電力変換装置において、前記電圧ベクトル演算部は、前記電動機の停止中に、前記直流発電機電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電することを特徴とするものである。

40

請求項5記載の発明は、請求項3または4記載の中性点クランプ電力変換装置において、前記電動機を回転駆動中に、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを生成し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バ

50

ツテリへ充電することを特徴とするものである。

**【0005】**

請求項6記載の発明は、請求項1または2記載の中性点クランプ電力変換装置において、前記誘導性負荷は交流系統電源であることを特徴とするものである。

請求項7記載の発明は、請求項6記載の中性点クランプ電力変換装置において、出力に誘導性フィルタリクトルを備え、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記誘導性フィルタリクトルのインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ充電することを特徴とするものである。

請求項8記載の発明は、3値の電位をもつ直流電源と、前記3値の電位を3相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、前記3値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、前記誘導性負荷は、電動機であり、前記電圧ベクトル演算部は、前記電動機の停止中に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、の和は零であることを特徴とするものである。

請求項9記載の発明は、3値の電位をもつ直流電源と、前記3値の電位を3相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、前記3値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、前記誘導性負荷は、電動機であり、前記電動機を回転駆動中に、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記電動機のインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを生成し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスチャージする電圧ベクトルと出力時間の積との和は零であることを特徴とするものである。

請求項10記載の発明は、3値の電位をもつ直流電源と、前記3値の電位を3相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置において、出力電圧指令を決定する出力電圧指令演算部と、前記3値の電位をもつ直流電源の電位差に基づいて、出力電圧ベクトルを演算する電圧ベクトル演算部と、前記出力電圧指令のベクトル成分と前記出力電圧ベクトルに基づいて、一定周期中の出力電圧ベクトルおよび出力時間を決定する出力時間演算部と、を備え、前記誘導性負荷は系統交流電源であり、出力に誘導性フィルタを備え、前記出力電圧ベクトルが零ベクトルの出力時間の期間内に、前記直流発電機の電力を前記誘導性フィルタのインダクタンスへ印加して電流をチャージする電圧ベクトルを発生し、次に、前記インダクタンスにチャージされた電流を前記バッテリへディスチャージする電圧ベクトルを生成する動作を繰り返し、前記直流発電機から前記バッテリへ電荷を充電し、前記インダクタンスに電流をチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、ディスチャージする電圧ベクトルと出力時間の積と、の和は零であることを特徴とするものである。

請求項11記載の発明は、3値の電位をもつ直流電源と、前記直流電源が直流発電機およびバッテリで構成され、前記3値の電位を3相交流へ変換し誘導性負荷を駆動する中性点クランプ電力変換装置の制御方法において、出力3相電圧またはベクトルの電圧指令を

10

20

30

40

50

演算するステップと、電圧指令の  $a$ ,  $b$  ベクトル方向の成分と電圧指令の存在する領域を演算するステップと、外部から入力されるバッテリを充電するか否かの指令に基づいて、出力する電圧ベクトルを選択し、スイッチング回数が少なくなるよう決定するステップと、電圧ベクトルの出力時間を演算するステップと、出力電圧ベクトルの順序と時間に基づいて電力変換部のスイッチをオンオフ駆動させるステップと、を備えることを特徴とするものである。

#### 【発明の効果】

#### 【0006】

請求項 1、2、3 に記載の発明によると、電圧指令のベクトル成分を利用し PWM するので、直流電圧の変動が大きい場合でも PWM の発生回路を簡単にした中性点クランプ電力変換装置を提供できる。 10

請求項 4 に記載の発明によると、発電機からバッテリへ充電する中性点クランプ電力変換装置を提供できる。

請求項 5 に記載の発明によると負荷運転中にも発電機からバッテリへ充電する中性点クランプ電力変換装置を提供できる。

請求項 6、7 に記載の発明によると、系統連系した状態で発電機からバッテリへ充電する中性点クランプ電力変換装置を提供できる。

請求項 8 ~ 10 に記載の発明によると、発電機からバッテリに充電しても零ベクトルを生成する中性点クランプ電力変換装置を提供できる。

請求項 1\_1 に記載の発明によると、電圧指令のベクトル成分を利用し PWM するので、直流電圧の変動が大きい場合でも PWM の発生回路を簡単にした中性点クランプ電力変換装置の制御方法を提供することができる。 20

本発明によると、保護回路や複雑な保護動作がないので装置の小形化・低コスト化ができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0007】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

#### 【実施例 1】

#### 【0008】

図 1 は、本発明の電力変換装置の概略構成図である。図において、1 はバッテリ、2 は燃料電池、3 は中性点クランプインバータ主回路、4 は制御装置、5 は負荷である。また、4\_1 は出力電圧指令演算部、4\_2 は電圧ベクトル演算部、4\_3 は電圧ベクトル出力時間演算部、4\_4 は PWM 出力部である。回路構成上バッテリ 1 の電圧  $V_1$  と燃料電池 2 の電圧  $V_2$  との関係は常に  $V_1 > V_2$  でなければならない。以下の実施例では直流発電機として燃料電池 2 を用いて説明するが、本発明は燃料電池に限定するものではなく、風力発電装置や太陽光発電装置などの直流出力を利用してもよい。本発明は主回路の構成をマトリクスコンバータではなく、中性点クランプインバータの構成とすることで、小容量の場合には、中性点クランプインバータのスイッチ素子と並列に接続される環流ダイオードを利用することによって、別途スナバ回路を必要としない。しかし、電力変換装置の出力容量が大きくなるに伴って、装置が大形化し配線長が長くなる場合には、別途スナバ装置が必要となるが、一般的な RCD スナバ回路などを、中性点クランプインバータ主回路の個々のスイッチ素子に適用できるので、適用できないマトリクスコンバータよりも低コスト化が可能である。 30

#### 【0009】

図 3 は、本発明の中性点クランプインバータが出力できる 27 の電圧ベクトルを空間ベクトル図に示した例である。各ベクトルは長さと位相によって  $a$ ,  $b$ ,  $a_p$ ,  $a_n$ ,  $b_p$ ,  $b_n$ ,  $c_m$ ,  $O_p$ ,  $O_m$ ,  $O_n$  の 10 種のベクトルに分類される。また、各ベクトルとインバータ出力電圧との対応を U, V, W 相の順で PNN などのように図 3 に示している。図 1 の構成ではインバータが出力できる電圧の最大値はバッテリ 1 の電圧  $V_1$  であり、この電圧を出力するベクトルは  $a$  ベクトル及び  $b$  ベクトルであり、これらのベクトルの長 40

さはV1に一致する。

### 【0010】

a<sub>n</sub>, b<sub>n</sub>ベクトルの長さは、それらのスイッチ状態(MNNなど)から燃料電池2の電圧V2である。a<sub>p</sub>, b<sub>p</sub>ベクトルの長さは、それらのスイッチ状態(PMMなど)から、バッテリ1の電圧V1と燃料電池2の電圧V2の差分(V1 - V2)である。c<sub>m</sub>ベクトルはa<sub>p</sub>ベクトルとb<sub>n</sub>ベクトルの合成と等しく、その長さは、PPP, PNN, PMNの点で作られ三角形を考えると余弦定理から、 $[V1^2 + (V1 - V2)^2 - 2 \times V1 \times (V1 - V2) \cos 60^\circ] = (V1^2 - V1 \times V2 + V2^2)$ である。Op, Om, Onベクトルは零ベクトルと呼ばれ、それらの長さは零である。cmベクトルはバッテリ1の電圧V1と燃料電池の電圧V2によって角度が変化し、近接するaベクトルからのなす角mは、正弦定理から $|b_n| / \sin m = |c_m| / \sin 60^\circ$ よって(1)式で表される

$$m = \sin [ \sin 60^\circ \times V2 / (V1^2 - V1 \times V2 + V2^2) ] \dots \quad (1)$$

### 【0011】

本発明図1の制御回路はインバータが出力すべき3相の電圧指令を発生し、電圧指令を持つaおよびbベクトル方向の成分を演算する。電圧指令が(k, k)の成分で示されるベクトルの場合は図4のようにaベクトル成分Va, bベクトル成分Vbを演算する。電圧指令ベクトルと近接のaベクトルとのなす角が'である場合、(2)式で表される。

$$\begin{aligned} |Va| &= k \times 2 \times \sin(60^\circ - ') / 3 \\ |Vb| &= k \times 2 \times \sin(') / 3 \end{aligned} \dots \quad (2)$$

電圧指令が3相交流電圧の場合は、図5のように、インバータ出力電圧の最大値V1の0.5倍となる振幅を持つ三角波(PWM搬送波)との対比をイメージし、相電圧の最大値と中間値の差分を|Va|、中間値と最低値との差分を|Vb|として演算してもよい。また、この場合の指令が図3の領域の何処に存在するかの判定は、電圧指令の大小と相との対応によって決定される。U相電圧指令をVu、V相電圧指令をVv、W相電圧指令をVwとすると、

- A領域 : Vu > Vv > Vw
- B領域 : Vv > Vu > Vw
- C領域 : Vv > Vw > Vu
- D領域 : Vw > Vv > Vu
- E領域 : Vw > Vu > Vv
- F領域 : Vu > Vw > Vv

である。

### 【0012】

制御回路4は電圧指令のaおよびbベクトル成分と27個の電圧ベクトルのaおよびbベクトル成分が一致するよう電圧ベクトルを選択・時分割出力することでPWMを行う。最も簡単なPWM変調は、電圧指令のベクトルに近接するaおよびbベクトルと零ベクトルを使ってPWMを行う。この場合はPWM周期をTc、aベクトルの出力時間をTaとbベクトルの出力時間をTb、零ベクトルの出力時間をToとすると、(3)式のように表される。

$$\begin{aligned} Ta &= Tc \times |Va| / V1 \\ Tb &= Tc \times |Vb| / V1 \\ To &= Tc - Ta - Tb \end{aligned} \dots \quad (3)$$

図1の構成ではaベクトル、bベクトルのみを使う場合はバッテリから負荷へ電力が供給される。零ベクトルはOp, Om, Onのいずれを利用しても良いが、出力するa, bベクトルから最低のスイッチング回数で移行できる零ベクトルを利用するとスイッチング損失が低減できる。

### 【0013】

10

20

30

40

50

燃料電池 2 から負荷へ電力を供給する場合は、電圧指令のベクトルに近接する  $a_n$  および  $b_n$  ベクトルと零ベクトルを使って PWM を行う。この場合は PWM 周期を  $T_c$ 、 $a_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{an}$  と  $b_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{bn}$ 、零ベクトルの出力を時間を  $T_o$  とすると、(4) 式のように表される。

$$T_{an} = T_c \times |V_a| / V_2, T_{bn} = T_c \times |V_b| / V_2, T_o \\ = T_c - T_{an} - T_{bn} \quad \dots \quad (4)$$

以上のように、本発明の電力変換装置では、電圧指令のベクトル成分と電圧指令に近接するベクトルを利用し出力時間の演算を行うことで簡単に PWM ができる。

#### 【0014】

燃料電池 2 からバッテリ 1 へ充電を行うには、まず負荷のモータが停止している状態とすると、例えば  $a_n$  ( $MNN$ ) ベクトルを出力し、燃料電池 2 からモータのインダクタンスへエネルギーを印加して電流をチャージ、次に、すべてのスイッチ素子をオフにして、スイッチ素子と逆並列に接続されている環流ダイオードの整流動作によってモータのインダクタンスにチャージされた電流（エネルギー = インダクタンス \* 電流<sup>2</sup> / 2）をバッテリにディスクチャージして充電する。この動作は  $V_1 > V_2$  の場合、昇圧チョッパと同じ動作であり、モータのインダクタンスに電流を流し（モータインダクタンスにエネルギーを印加し）、次にオフ動作を行い整流によってバッテリを充電する。モータインダクタンスにエネルギーを印加する際のベクトルは  $a_n$  または  $b_n$  ベクトルを利用することで燃料電池 2 からモータへのエネルギーが移動する。充電電流の制御は、 $a_n$  ( $MNN$ ) ベクトルの出力時間を調整することで可能であり、これも昇圧チョッパの動作と同等である。

#### 【0015】

次に、モータ回転状態では、例えば電圧指令ベクトルが A 領域にあり、燃料電池 2 から負荷へ電力を供給しているとすると、モータは A 領域の  $a_n$  ( $MNN$ )、 $b_n$  ( $MMN$ ) ベクトルおよび零ベクトルによって、PWM 駆動されている。この時、 $a_n$  ( $MNN$ ) の出力時間が  $T_{an}$ 、 $b_n$  ( $MMN$ ) ベクトルの出力時間が  $T_{bn}$ 、零ベクトルの時間を  $T_o$  とすると、 $T_o$  を  $V_1, V_2$  の値に基づいて分割し、 $T_{an}$  を (5) 式のように補正する

$$T_{an}' = T_{an} + T_o \times V_1 / (V_1 + V_2) \quad \dots \quad (5)$$

更に、 $a_n$  ( $MNN$ ) と逆向きの  $b$  ( $NPP$ ) ベクトルの出力時間を  $T_{bx}$  とすると  $T_{bx}$  は (6) 式のようになる。

$$T_{bx} = T_o \times V_2 / (V_1 + V_2) \quad \dots \quad (6)$$

PWM 周期中に零ベクトルを出力せずに  $a_n$  ( $MNN$ ) ベクトルの出力時間を増加させ、 $b$  ( $NPP$ ) ベクトルを出力する。この動作により、モータに  $a_n$  ( $MNN$ ) ベクトルの出力増加分  $T_o \times V_1 / (V_1 + V_2)$  の電圧が印加され、モータへエネルギーが蓄えられる。そのエネルギーを  $b$  ( $NPP$ ) ベクトルを出力することによって、バッテリへ充電できる。モータへ印加される電圧の平均値は、 $a_n$  ( $MNN$ ) ベクトルの増加分  $V_2 \times T_o \times V_1 / (V_1 + V_2)$ 、 $b$  ( $NPP$ ) ベクトルによる逆電圧  $-V_1 \times T_o \times V_2 / (V_1 + V_2)$  の和で、その和は零となり、負荷モータに印加される平均電圧は変化しない。

このようにすることでモータを通常に駆動しつつ燃料電池からバッテリに充電することができる。この例は  $a_n$  ベクトルを増加させ逆向きの  $b$  ベクトルを出力する例を示したが、 $b_n$  ベクトルを増加させ、 $b_n$  ベクトルと逆向きの  $a$  ベクトルを出力するようにしても良く、更に  $a_n, b_n$  ベクトル両方を増加させ、逆向きの  $a, b$  ベクトルを出力するようにしても良い。

#### 【0016】

充電電流を減少させる場合は、 $0 < \alpha < 1$  として (7) (8) 式のように出力するベクトルの時間を減少させ、時間の減少分を零ベクトルを出力しその出力時間  $T_o'$  を (9) 式のように補正する。

$$T_{an}' = T_{an} + \alpha \times T_o \times V_2 / (V_1 + V_2) \quad \dots \quad (7)$$

$$T_{bx} = \alpha \times T_o \times V_1 / (V_1 + V_2) \quad \dots \quad (8)$$

10

20

30

40

50

$$T_o' = (1 - \dots) \times T_o \quad \dots \quad (9)$$

このように  $\dots$  を用いて制御することで、充電電流の制御も可能となる。

### 【実施例 2】

#### 【0017】

図 2 は、本発明の第 2 の実施例の電力変換装置の概略構成図である。図において、1 はバッテリ、2 は燃料電池、3 は中性点クランプインバータ主回路、4 は制御装置、5 は負荷となっている。回路構成上、燃料電池 2 の電圧  $V_1$  とバッテリ 1 の電圧  $V_2$  との関係は常に  $V_1 > V_2$  でなければならない。制御回路 4 は PWM を実施例 1 の電力変換装置と同様におこなうが、ベクトルの対応が以下のように異なってくる。

#### 【0018】

燃料電池から負荷へ電力を供給する場合には、電圧指令のベクトルに近接する  $a$  および  $b$  ベクトルと零ベクトルを使って PWM を行う。この場合は PWM 周期を  $T_c$ 、 $a$  ベクトルの出力時間を  $T_a$  と  $b$  ベクトルの出力時間を  $T_b$ 、零ベクトルの出力時間を  $T_o$  とすると、(10) 式のようになる。

$$T_a = T_c \times |V_a| / V_1, T_b = T_c \times |V_b| / V_1, T_o = T_c - T_a - T_b \quad \dots \quad (10)$$

零ベクトルは  $O_p$ ,  $O_m$ ,  $O_n$  のいずれを利用しても良いが、出力する  $a$ ,  $b$  ベクトルから最低のスイッチング回数で移行できる零ベクトルを利用するとスイッチング損失が低減できる。

#### 【0019】

バッテリから負荷へ電力を供給する場合は、電圧指令のベクトルに近接する  $a_n$  および  $b_n$  ベクトルと零ベクトルを使って PWM を行う。この場合は PWM 周期を  $T_c$ 、 $a_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{an}$  と  $b_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{bn}$ 、零ベクトルの出力時間を  $T_o$  とすると、(11) 式になる。

$$T_{an} = T_c \times |V_a| / V_2 \\ T_{bn} = T_c \times |V_b| / V_2 \\ T_o = T_c - T_{an} - T_{bn} \quad \dots \quad (11)$$

以上のように、本発明の電力変換装置では、電圧指令のベクトル成分と電圧指令に近接するベクトルを利用し出力時間の演算を行うことで簡単に PWM ができる。

#### 【0020】

燃料電池 2 からバッテリ 1 へ充電を行うには、まず負荷のモータが停止している状態とすると、例えば  $a$  ( $PNN$ ) ベクトルを出力し、燃料電池 2 からモータのインダクタンスへエネルギーを印加し、次に、 $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルを出力し、モータに蓄えられたエネルギーをバッテリに充電する。この動作は  $V_1 > V_2$  の場合、降圧チョッパと同じ動作であり、モータインダクタンスに電流を流し（モータインダクタンスにエネルギーを印加し）、次にバッテリへの電流経路を作つてバッテリを充電する。モータインダクタンスにエネルギーを印加する際のベクトルは  $a$  または  $b$  ベクトルを利用して燃料電池 2 からモータへのエネルギーが移動する。充電電流の制御は、 $a$  ( $PNN$ ) ベクトルの出力時間を調整することで可能であり、これも降圧チョッパの動作と同等である。

この動作の場合、 $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルを出力するので、充電電流が少ない場合、バッテリからモータへのエネルギーが環流電流として戻る場合がある。これを防ぐには、例えば  $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルではなく、U 相のスイッチ素子はすべてオフ、V 相、W 相を M へ接続することで、U 相の環流ダイオードの整流動作により、バッテリからモータへの電流を阻止できる。

#### 【0021】

次に、モータ回転状態では、例えば電圧指令ベクトルが A 領域にあり、燃料電池 2 から負荷へ電力を供給しているとすると、モータは A 領域の  $a$  ( $PNN$ )、 $b$  ( $PPN$ ) ベクトルおよび零ベクトルによって、PWM 駆動されている。この時、 $a$  ( $PNN$ ) の出力時間が  $T_a$ 、 $b$  ( $PPN$ ) ベクトルの出力時間が  $T_b$ 、零ベクトルの時間を  $T_o$  とすると。

$T_o$  を  $V_1$ 、 $V_2$  の値に基づいて分割し、 $T_a$  を (12) 式のように補正する。

10

20

30

40

50

$$T_{a'} = T_a + T_o \times V_2 / (V_1 + V_2) \quad \dots (12)$$

更に、 $a$  ( $PNN$ ) と逆向きの  $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルの出力時間を  $T_{bnx}$  とすると (13) 式になる。

$$T_{bnx} = T_o \times V_1 / (V_1 + V_2) \quad \dots (13)$$

$PWM$  周期中に零ベクトルを出力せずに  $a$  ベクトルの出力時間を増加させ、 $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルを出力する。この動作により、モータに  $a$  ( $PNN$ ) ベクトルの出力増加分  $T_o \times V_2 / (V_1 + V_2)$  の電圧が印加され、モータへエネルギーが蓄えられる。そのエネルギーを  $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルを出力することによって、バッテリへ充電できる。

### 【0022】

モータへ印加される電圧の平均値は、 $a$  ( $PNN$ ) ベクトルの増加分  $V_1 \times T_o \times V_2 / (V_1 + V_2)$ 、 $b_n$  ( $NMM$ ) ベクトルによる逆電圧  $-V_2 \times T_o \times V_1 / (V_1 + V_2)$  なので、その和は零となり、負荷モータに印加される平均電圧は変化しない。このようにすることでモータを通常に駆動しつつ燃料電池からバッテリに充電することができる。この例は  $a$  ベクトルを増加させ逆向きの  $b_n$  ベクトルを出力する例を示したが、 $b$  ベクトルを増加させ、 $b$  ベクトルと逆向きの  $a_n$  ベクトルを出力するようにしても良く、更に  $a$ ,  $b$  ベクトル両方を増加させ、逆向きの  $a_n$ ,  $b_n$  ベクトルを出力するようにしても良い。

### 【0023】

充電電流を減少させる場合は、 $0 < \alpha < 1$  として (14)、(15) 式のようにする。

$$T_{a'} = T_a + \alpha \times T_o \times V_2 / (V_1 + V_2) \quad \dots (14)$$

$$T_{bnx} = \alpha \times T_o \times V_1 / (V_1 + V_2) \quad \dots (15)$$

出力するベクトルの時間を減少させ、時間の減少分を零ベクトルの出力時間  $T_o'$  を (16) 式のように補正する。

$$T_o' = (1 - \alpha) \times T_o \quad \dots (16)$$

このように  $\alpha$  を用いて制御することで、充電電流の制御も可能となる。

### 【実施例3】

### 【0024】

図6は、本発明の第3の実施例の電力変換装置の概略構成図である。図において、1はバッテリ、2は燃料電池、3は中性点クランプインバータ主回路、4は制御装置、5は負荷である。制御回路4はモータ駆動および中性点クランプインバータが出力する  $a_p$ ,  $a_n$ ,  $b_p$ ,  $b_n$  電圧ベクトルの選択によってバッテリの充電制御を行う。図8は  $a_p$ ,  $a_n$ ,  $b_p$ ,  $b_n$  ベクトルが出力された際に、負荷電流方向とバッテリの充電電流の対応例を示す図である。

### 【0025】

燃料電池から負荷へ電力を供給する場合には、電圧指令のベクトルに近接する  $a_n$  および  $b_n$  ベクトルと零ベクトルを使って  $PWM$  を行う。この場合は  $PWM$  周期を  $T_c$ 、 $a_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{an}$  と  $b_n$  ベクトルの出力時間を  $T_{bn}$ 、零ベクトルの出力時間を  $T_o$  とすると、(17) 式になる。

$$T_{an} = T_c \times |V_a| / V_4$$

$$T_{bn} = T_c \times |V_b| / V_4$$

$$T_o = T_c - T_{an} - T_{bn}$$

$$\dots (17)$$

20

30

40

となる。零ベクトルは  $O_p$ ,  $O_m$ ,  $O_n$  のいずれを利用してても良いが、出力する  $a_n$ ,  $b_n$  ベクトルから最低のスイッチング回数で移行できる零ベクトルを利用するとスイッチング損失が低減できる。

### 【0026】

バッテリから負荷へ電力を供給する場合は、電圧指令のベクトルに近接する  $a_p$  および  $b_p$  ベクトルと零ベクトルを使って  $PWM$  を行う。この場合は  $PWM$  周期を  $T_c$ 、 $a_p$  ベクトルの出力時間を  $T_{ap}$  と  $b_p$  ベクトルの出力時間を  $T_{bp}$ 、零ベクトルの出力時間を  $T_o$  とすると、(18) 式になる。

$$T_{ap} = T_c \times |V_a| / V_3$$

50

$$\begin{aligned} T_{bp} &= T_c \times |V_b| / V_3 \\ T_o &= T_c - T_{ap} - T_{bp} \end{aligned}$$

・・・(18)

以上のように、本発明の電力変換装置では、電圧指令のベクトル成分と電圧指令に近接するベクトルを利用し出力時間の演算を行い、ベクトルの選択によって簡単に燃料電池駆動とバッテリ駆動を切替えることができる。

### 【0027】

燃料電池2からバッテリ1へ充電を行うには、まず負荷のモータが停止している状態とすると、例えばan(MNN)ベクトルを出力し、図8an(MNN)の電流を流し燃料電池2からモータのインダクタンスへエネルギーを印加し、次に、bp(MPP)ベクトルを出力し、モータに蓄えられたエネルギーを図8bp(MPP)のようにバッテリに充電する。この動作はフライバックコンバータと同じ動作であり、モータインダクタンスに電流を流し(モータインダクタンスにエネルギーを印加し)、次にバッテリへの電流経路を作つてバッテリを充電する。モータインダクタンスにエネルギーを印加する際のベクトルはanまたはbnベクトルを利用することで燃料電池2からモータへのエネルギーが移動する。

### 【0028】

燃料電池からモータへ電流を流す場合はベクトルを利用するが、モータからバッテリへ電流を流す場合は、中性点Mに接続するスイッチのみオンとし、N側のスイッチをオフとして環流ダイオードの整流動作によってバッテリへの電流経路を作つてもよい。この動作は充電電流が少ない際に、バッテリからモータへの環流電流の発生を抑制できる利点がある。

### 【0029】

次に、モータ回転状態では、例えば電圧指令ベクトルがA領域にあり、燃料電池2から負荷へ電力を供給しているとすると、モータはA領域のan(MNN)、bn(MMN)ベクトルおよび零ベクトルによって、PWM駆動されている。この時、an(MNN)の出力時間がTa\_n、bn(MMN)ベクトルの出力時間がTb\_n、零ベクトルの時間をToとすると。ToをV3, V4の値に基づいて分割し、(19)式のようにTa\_nを補正する

$$Ta' = Ta + To \times V3 / (V3 + V4) \quad \cdots (19)$$

更に、an(MNN)と逆向きのbp(MPP)ベクトルの出力時間をTbp\_xとすると(20)式になる。

$$Tbp_x = To \times V4 / (V3 + V4) \quad \cdots (20)$$

PWM周期中に零ベクトルを出力せずにanベクトルの出力時間を増加させ、bp(MPP)ベクトルを出力する。この動作により、モータにan(MNN)ベクトルの出力増加分To×V3/(V3+V4)の電圧が印加され、モータへエネルギーが蓄えられる。そのエネルギーをbp(MPP)ベクトルを出力することによって、バッテリへ充電できる。

モータへ印加される電圧の平均値は、ap(MNN)ベクトルの増加分V4×To×V3/(V3+V4)、bp(MPP)ベクトルによる逆電圧-V3×To×V4/(V3+V4)なので、その和は零となり、負荷モータに印加される平均電圧は変化しない。このようにすることでモータを通常に駆動しつつ燃料電池からバッテリに充電することができる。この例はanベクトルを増加させ逆向きのbpベクトルを出力する例を示したが、bnベクトルを増加させ、bnベクトルと逆向きのapベクトルを出力するようにしても良く、更にan, bnベクトル両方を増加させ、逆向きのap, bpベクトルを出力するようにも良い。

### 【0030】

充電電流を減少させる場合は、 $0 < \alpha < 1$ として(21)式のようとする。

$$Ta' = Ta + \alpha \times To \times V2 / (V1 + V2)$$

$$Tbp_x = \alpha \times To \times V1 / (V1 + V2) \quad \cdots (21)$$

出力するベクトルの時間を減少させ、時間の減少分を零ベクトルの出力時間To'を(2)

10

20

40

50

2) 式のように補正する。

$$T_o' = (1 - \dots) \times T_o \quad \dots \quad (22)$$

このように を用いて制御することで、充電電流の制御も可能となる。

#### 【実施例 4】

##### 【0031】

図7は、本発明の第3の実施例の電力変換装置の概略構成図である。図において、1はバッテリ、2は燃料電池、3は中性点クランプインバータ主回路、4は制御装置、5は負荷となっている。これは図6の燃料電池とバッテリの位置が逆になっている回路であり、この回路構成でも、実施例3の動作例と同様に導出できる。

##### 【0032】

10

以上の説明では負荷にモータを用いて説明したが、図9の例のように電力変換装置に出力に誘導性の3相フィルタを備え系統連系する構成としてもよい。この場合、バッテリへの充電は、3相フィルタリアクトルのインダクタンスに一旦エネルギーを蓄えて、バッテリへ電流を流すことで行い、電力変換装置の動作はモータ駆動と同等である。しかし、系統と連系している場合、系統に直流成分を流せないのでモータ停止状態と同等の動作はできない。

##### 【0033】

図10に本発明の電力変換装置の動作フローを示す。

ステップST1で出力すべき3相電圧またはベクトルの電圧指令を演算して発生し、ステップST2で電圧指令のa, bベクトル方向の成分と電圧指令の存在する領域を演算する。次に、ステップST3で外部から入力されるバッテリを充電するか否かの指令に基づいて、電力変換装置が出力する電圧ベクトルを選択し、その出力順序をなるべくスイッチング回数が少なくなるよう決定する。次に、ステップST4で出力する電圧ベクトルの出力時間を演算する。（ を用いる場合はそれに応じて補正も行う）次に、ステップ5で出力する電圧ベクトルの順序と時間に基づいて電力変換装置のスイッチをオンオフ駆動させる。

20

#### 【産業上の利用可能性】

##### 【0034】

本発明はベクトルの選択によってバッテリを充電することできるので、電気自動車や直流発電機とバッテリを併用する系統連系装置という用途にも適用できる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0035】

【図1】本発明の第1実施例を示す電力変換装置の構成図

【図2】本発明の第2実施例を示す電力変換装置の構成図

【図3】本発明の中性点クランプインバータが出力できる空間ベクトル図

【図4】電圧指令ベクトルと出力電圧ベクトルとの関係を示す図

【図5】3相の電圧指令と搬送波とおよびベクトル成分の関係を示す図

【図6】本発明の第3実施例を示す電力変換装置の構成図

【図7】本発明の第4実施例を示す電力変換装置の構成図

【図8】ap, an, bp, bnベクトルの出力状態と直流電源の電流の関係を示す図

40

【図9】本発明を系統連系へ適用する場合の構成図

【図10】本発明の処理のステップを示すフロー図

#### 【符号の説明】

##### 【0036】

1 バッテリ

2 燃料電池

3 中性点クランプインバータ主回路

4 制御装置

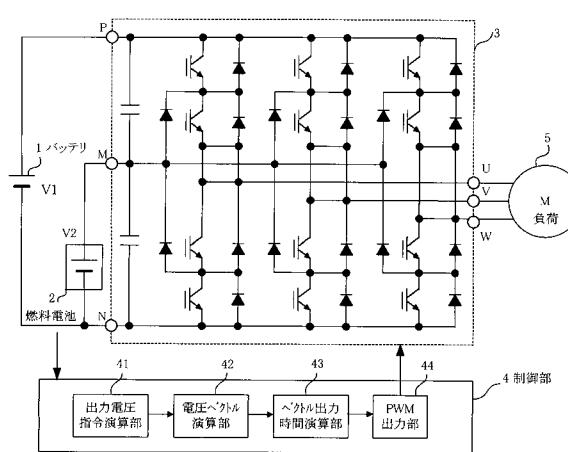
4 1 出力電圧指令演算部

4 2 電圧ベクトル演算部

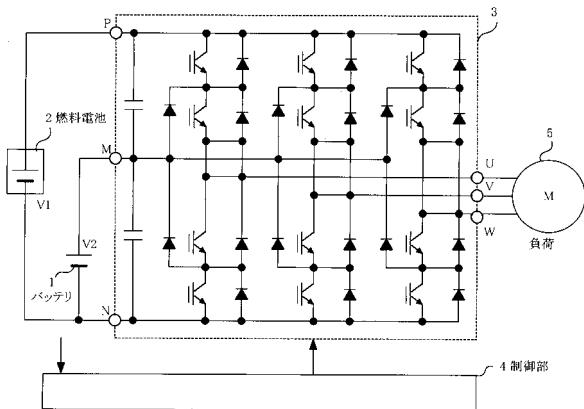
50

- 4 3 出力時間演算部
- 4 4 PWM出力部
- 5 負荷(モータ)
- 6 3相フィルタリアクトル
- 7 交流系統電源

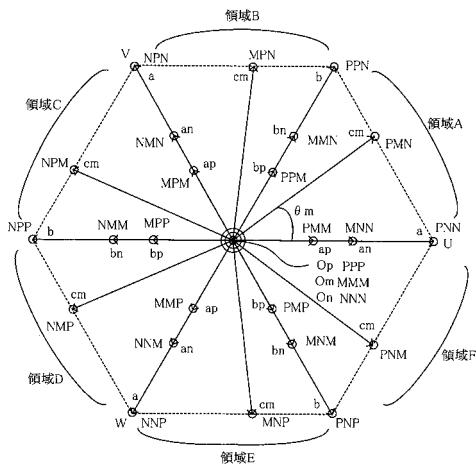
【図1】



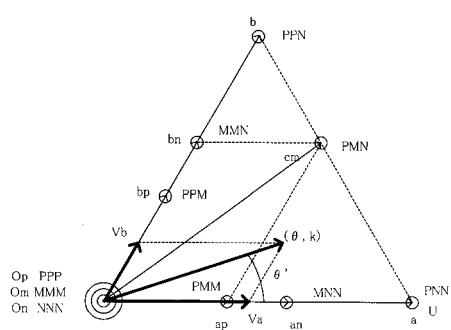
【図2】



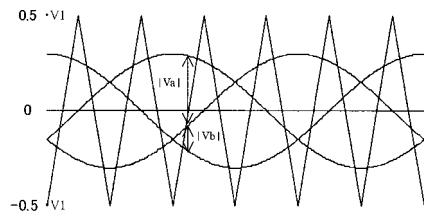
【図3】



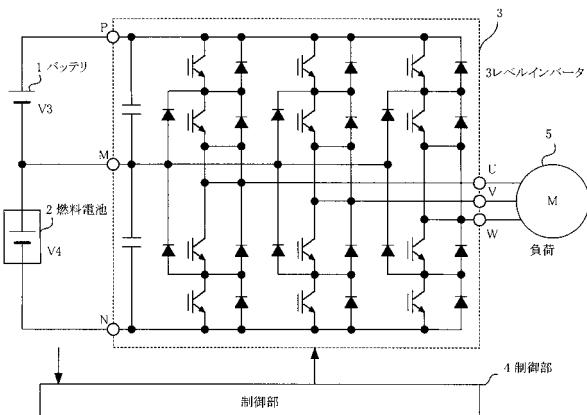
【図4】



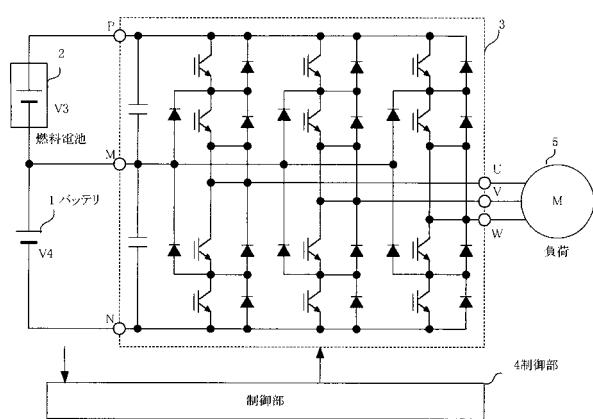
【図5】



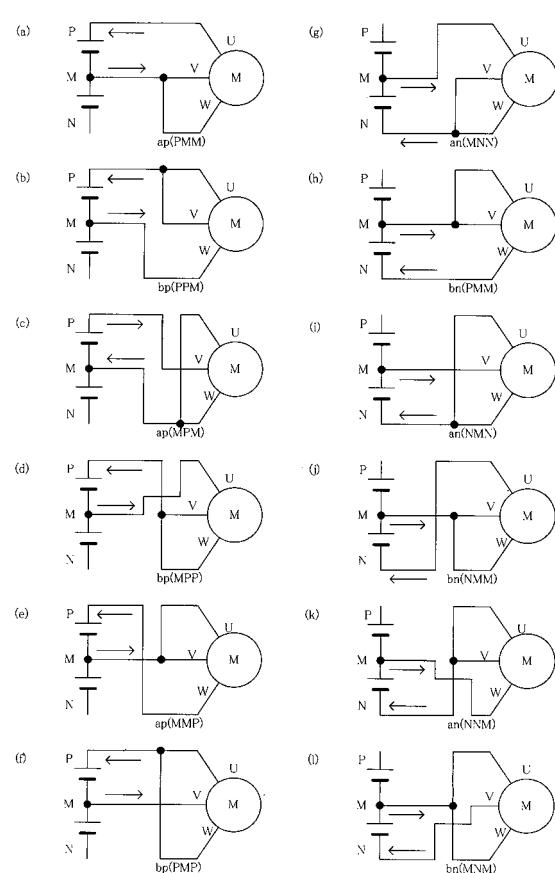
【図6】



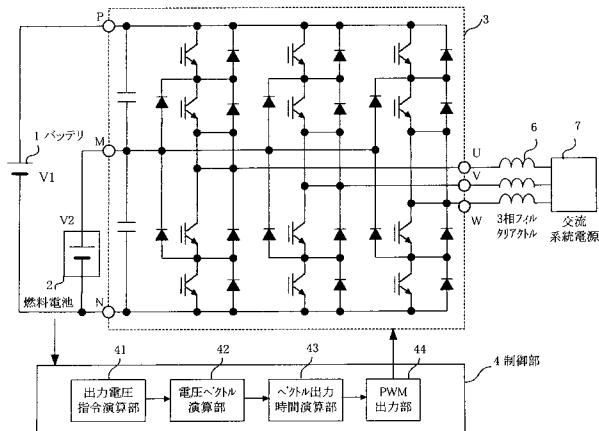
【図7】



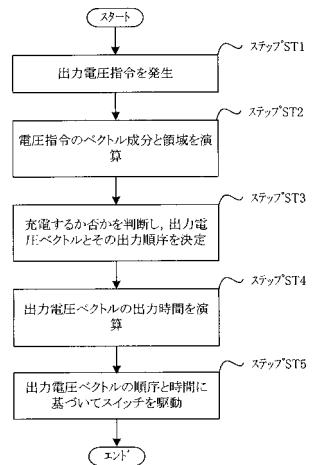
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-129644(JP,A)  
特開2002-027763(JP,A)  
特開平10-337047(JP,A)  
特開平09-233840(JP,A)  
特開2008-104253(JP,A)  
特開2009-225598(JP,A)  
特開2008-199830(JP,A)  
特開2007-37355(JP,A)  
特開2004-173349(JP,A)  
特開2006-204008(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7 / 487  
H02M 7 / 48