

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5477408号  
(P5477408)

(45) 発行日 平成26年4月23日(2014.4.23)

(24) 登録日 平成26年2月21日(2014.2.21)

(51) Int.Cl. F 1  
**HO2M 5/293 (2006.01)** HO2M 5/293 Z

請求項の数 11 (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-47398 (P2012-47398)                  (22) 出願日 平成24年3月2日(2012.3.2)                  (65) 公開番号 特開2013-183587 (P2013-183587A)                  (43) 公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)                  審査請求日 平成25年3月15日(2013.3.15)</p>	<p>(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 安食 泰秀</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力相と各出力相と接続する複数の片方向スイッチを有し、それぞれ前記入力相毎に設けられる複数のスイッチ群と、前記入力相毎に前記入力相と前記スイッチ群との間にそれぞれ接続され、互いに結合された複数のインダクタを含む電力変換部と、

交流直流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第1信号発生器と、直流交流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第2信号発生器と、前記交流直流変換用のスイッチ駆動信号と前記直流交流変換用のスイッチ駆動信号とに基づいて前記複数の片方向スイッチのオンオフを制御するスイッチ駆動信号を生成する駆動信号発生器とを含み、前記第1信号発生器と前記第2信号発生器とが同期して動作する制御部と

を備えることを特徴とする電力変換装置。

【請求項2】

前記第1信号発生器は、  
 パルス幅変調によってスイッチ駆動信号を生成し、  
 前記第2信号発生器は、  
 変調によってスイッチ駆動信号を生成する  
 ことを特徴とする請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項3】

前記制御部は、  
 変調によって交流直流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第3信号発生器と、

パルス幅変調によって直流交流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第 4 信号発生器と

、  
前記第 1 信号発生器および前記第 2 信号発生器の出力と、前記第 3 信号発生器および前記第 4 信号発生器の出力とを選択して前記第 3 信号発生器へ出力する信号切替器と、を備え、

前記第 3 信号発生器と前記第 4 信号発生器とは同期して動作し、

前記駆動信号発生器は、前記信号切替器から出力されるスイッチ駆動信号に基づいて前記複数の片方向スイッチのオンオフを制御する信号を生成する

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】

10

前記第 1 信号発生器は、

パルス幅変調によってスイッチ駆動信号を生成し、

前記第 2 信号発生器は、

複数のスイッチ駆動信号に応じたデータを記憶する記憶部から前記データを読み出して前記スイッチ駆動信号を生成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 5】

前記第 1 信号発生器は、

前記パルス幅変調に同期して立ち上がり又は立ち下がるクロック信号を生成し、

前記第 2 信号発生器は、

前記クロック信号に同期して前記スイッチ駆動信号を生成する

ことを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

20

【請求項 6】

前記第 1 信号発生器は、

変調によって前記スイッチ駆動信号を生成し、

前記第 2 信号発生器は、

変調によって前記スイッチ駆動信号を生成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 7】

前記制御部は、

クロック信号を発生するクロック信号発生器を備え、

前記第 1 信号発生器は、

前記クロック信号に同期して前記スイッチ駆動信号を生成し、

前記第 2 信号発生器は、

前記クロック信号に同期して前記スイッチ駆動信号を生成する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の電力変換装置。

30

【請求項 8】

前記制御部は、

前記第 1 信号発生器が出力するスイッチ駆動信号に基づき、前記駆動信号発生器から出力するスイッチ駆動信号をホールドして前記複数の片方向スイッチへ出力する信号処理部を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

40

【請求項 9】

前記制御部は、

同一相の前記片方向スイッチを制御する場合に、前記駆動信号発生器から出力するスイッチ駆動信号をホールドする信号処理部を備え、

前記第 1 信号発生器は、

パルス幅変調に用いる搬送波信号が極値となるタイミングに同期して立ち上がり又は立ち下がるクロック信号を生成し、

前記第 2 信号発生器は、

前記クロック信号に同期して前記スイッチ駆動信号を生成する

50

ことを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

【請求項 10】

入力相と各出力相と接続する複数の片方向スイッチを有し、それぞれ前記入力相毎に設けられる複数のスイッチ群と、前記入力相毎に前記入力相と前記スイッチ群との間にそれぞれ接続され、互いに結合された複数のインダクタとを含む電力変換部と、

異なる相の前記片方向スイッチの制御と同一相の前記片方向スイッチの制御とにより電流指令に応じた前記電力変換部の制御を行う制御部と

を備え、

前記制御部は、

同一入力相の前記片方向スイッチと同一出力相の前記片方向スイッチとを同時にオンにする場合に、入力相の電圧極性と出力相の電圧極性が一致するように、前記同一入力相と前記同一出力相とを選択することを特徴とする電力変換装置。

10

【請求項 11】

入力相と各出力相と接続する前記複数の片方向スイッチは、前記入力相側から前記出力相側へ電流を流す第 1 片方向スイッチと、前記出力相側から前記入力相側へ電流を流す第 2 片方向スイッチとを含み、

前記入力相と前記第 1 片方向スイッチとの間に第 1 インダクタが設けられるとともに、前記入力相と前記第 2 片方向スイッチとの間に前記第 1 インダクタと電流の流れ込みの位置が異なる第 2 インダクタが設けられ、

前記第 1 インダクタ同士が磁気結合され、前記第 2 インダクタ同士が磁気結合される請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は、電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力変換装置として、各入力相と各出力相とを接続する複数の双方向スイッチを備えるマトリクスコンバータが知られている。そして、かかるマトリクスコンバータに関し、昇圧の機能を実現する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

昇圧の機能を有するマトリクスコンバータは、各入力相と双方向スイッチとの間にリアクトルが設けられ、かかるリアクトルの入力相側を、双方向スイッチを用いて短絡し、その後短絡を解除することで、電源電圧よりも高い電圧を出力する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2006 / 112275 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

しかしながら、昇圧の機能を有する従来のマトリクスコンバータは、リアクトル、コンデンサおよび接断手段を入力と出力の双方に備えているため、装置が大形化するという問題がある。

【0006】

実施形態の一態様は、上記に鑑みてなされたものであって、装置の大形化を抑制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する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

実施形態の一態様に係る電力変換装置は、電力変換部と、制御部とを備える。前記電力

50

変換部は、入力相と各出力相と接続する複数の片方向スイッチを有し、それぞれ前記入力相毎に設けられる複数のスイッチ群と、前記入力相毎に前記入力相と前記スイッチ群との間にそれぞれ接続され、互いに結合された複数のインダクタとを含む。前記制御部は、交流直流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第1信号発生器と、直流交流変換用のスイッチ駆動信号を生成する第2信号発生器と、前記交流直流変換用のスイッチ駆動信号と前記直流交流変換用のスイッチ駆動信号とに基づいて前記複数の片方向スイッチのオンオフを制御するスイッチ駆動信号を生成する駆動信号発生器とを含む。前記第1信号発生器と前記第2信号発生器とは同期して動作する。

【発明の効果】

【0008】

10

実施形態の一態様によれば、装置の大形化を抑制することができる電力変換装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る電力変換装置の構成例を示す図である。

【図2】図2は、3相入力3相出力電流形インバータの構成を示す図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に係る制御部の構成例を示す図である。

【図4】図4は、第1の実施形態に係る電力変換装置の出力側の空間ベクトル図である。

【図5】図5は、第1の実施形態に係る電力変換装置の入力側の空間ベクトル図である。

【図6】図6は、第1の実施形態に係る第1のパルス発生器の構成例を示す図である。

20

【図7】図7は、第2の実施形態に係る制御部の構成例を示す図である。

【図8】図8は、第2の実施形態に係る第1のパルス発生器の構成例を示す図である。

【図9】図9は、第3の実施形態に係る制御部の構成例を示す図である。

【図10】図10は、第4の実施形態に係る制御部の構成例を示す図である。

【図11】図11は、第5の実施形態に係るゼロベクトル固定処理部の構成例を示す図である。

【図12】図12は、第6の実施形態に係る電力変換装置の構成例を示す図である。

【図13A】図13Aは、入力側と出力側で開放状態にある端子に印加される電圧を説明するための図である。

【図13B】図13Bは、入力側と出力側で開放状態にある端子に印加される電圧を説明するための図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する電力変換装置の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0011】

(第1の実施形態)

まず、第1の実施形態に係る電力変換装置について説明する。図1は、第1の実施形態に係る電力変換装置の構成例を示す図である。

【0012】

40

図1に示すように、第1の実施形態に係る電力変換装置1は、電流形電力変換装置であり、電力変換部2と、第1のフィルタ部3と、第2のフィルタ部4と、制御部5とを備える。かかる電力変換装置1は、R相、S相およびT相の3つの入力相とU相、V相およびW相の3つの出力相との間で、双方向の電力変換を行い、さらに昇圧および降圧を行うことができる。

【0013】

電力変換部2は、入力相のR相、S相およびT相に接続されるR相入力端子 $T_R$ 、S相入力端子 $T_S$ およびT相入力端子 $T_T$ と、出力相のR相、S相およびT相に接続されるU相出力端子 $T_U$ 、V相出力端子 $T_V$ およびW相出力端子 $T_W$ とを備える。R相入力端子 $T_R$ 、S相入力端子 $T_S$ およびT相入力端子 $T_T$ は、例えば、3相交流電源の各相に接続さ

50

れ、U相出力端子 $T_U$ 、V相出力端子 $T_V$ およびW相出力端子 $T_W$ は、例えば、電動機の各相に接続される。

【0014】

また、電力変換部2は、入力端子 $T_R$ 、 $T_S$ 、 $T_T$ と、出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間に設けられる、第1のスイッチング部10、第2のスイッチング部20および第3のスイッチング部30を備える。各スイッチング部10、20、30は、それぞれ電流形インバータ回路を構成する。

【0015】

各スイッチング部10、20、30は、6つの片方向スイッチと2つの直流インダクタとを備える。片方向スイッチは、ダイオードと、スイッチング素子とにより構成される。スイッチング素子として、例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) やMOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などが用いられる。なお、ダイオードおよびIGBTからなるスイッチング素子に代えて、逆阻止形IGBTを用いることもできる。

10

【0016】

直流インダクタは、3つのスイッチング部10、20、30の間で、磁気結合されている。具体的には、直流インダクタ17、27、37は互いに磁気結合されており、実際には1つのインダクタ素子DCL1である。また、直流インダクタ18、28、38は、互いに磁気結合されており、実際には1つのインダクタ素子DCL2である。

【0017】

図1に示す例では、直流インダクタ17、18、27、28、37、38の結合方向を黒丸で示しており、結合された直流インダクタ17、27、37内の各巻線の巻数は、等しく、また、結合された直流インダクタ18、28、38内の各巻線の巻数は、等しい。したがって、結合された直流インダクタの巻線間で、1つの巻線に流れる電流を、大きさを保持したまま他の巻線に移動させることができる。

20

【0018】

第1のスイッチング部10は、入力端子 $T_R$ と出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間に設けられる。かかる第1のスイッチング部10は、6つの片方向スイッチ11~16からなるスイッチ群と、2つの直流インダクタ17、18とを備える。片方向スイッチ11~16は、それぞれスイッチ駆動信号S1R、S4R、S3R、S6R、S5R、S2Rによって駆動される。

30

【0019】

入力端子 $T_R$ から出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ11、13、15と、直流インダクタ17とによって形成される。一方、出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ から入力端子 $T_R$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ12、14、16と、直流インダクタ18とによって形成される。

【0020】

第2のスイッチング部20および第3のスイッチング部30は、第1のスイッチング部10と同様の構成であるが、接続される入力端子が異なる。具体的には、第2のスイッチング部20は、入力端子 $T_S$ と出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間に設けられ、6つの片方向スイッチ21~26からなるスイッチ群と、2つの直流インダクタ27、28とを備える。片方向スイッチ21~26は、それぞれスイッチ駆動信号S1S、S4S、S3S、S6S、S5S、S2Sによって駆動される。

40

【0021】

入力端子 $T_S$ から出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ21、23、25と、直流インダクタ27とによって形成される。一方、出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ から入力端子 $T_S$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ22、24、26と、直流インダクタ28とによって形成される。

【0022】

また、第3のスイッチング部30は、入力端子 $T_T$ と出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間

50

に設けられ、6つの片方向スイッチ31～36からなるスイッチ群と、2つの直流インダクタ37、38とを備える。片方向スイッチ31～36は、それぞれスイッチ駆動信号S1T、S4T、S3T、S6T、S5T、S2Tによって駆動される。

【0023】

入力端子 $T_T$ から出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ31、33、35と、直流インダクタ37とによって形成される。一方、出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ から入力端子 $T_T$ への電流経路は、3つの片方向スイッチ32、34、36と、直流インダクタ38とによって形成される。

【0024】

このように、電力変換部2は、各入力端子と各出力端子との間に複数の片方向スイッチ11～16、21～26、31～36を備えており、スイッチ駆動信号S1R～S6R、S1S～S6S、S1T～S6Tによって制御される。なお、片方向スイッチ11、13、15、21、23、25、31、33、35が第1片方向スイッチの一例に相当し、片方向スイッチ12、14、16、22、24、26、32、34、36が第2片方向スイッチの一例に相当する。

10

【0025】

第1のフィルタ部3は、3つのコンデンサ3a～3cを備えており、入力側のフィルタとして機能する。コンデンサ3a～3cは、それぞれ一端が入力端子 $T_R$ 、入力端子 $T_S$ 、入力端子 $T_T$ に接続され、他端が共通に接続される。

【0026】

20

第2のフィルタ部4は、3つのコンデンサ4a～4cを備えており、出力側のフィルタとして機能する。コンデンサ4a～4cは、それぞれ一端が出力端子 $T_U$ 、出力端子 $T_V$ 、出力端子 $T_W$ に接続され、他端が共通に接続される。

【0027】

制御部5は、上述したスイッチ駆動信号S1R～S6R、S1S～S6S、S1T～S6Tを生成し、電力変換部2へ出力する。電力変換部2は、制御部5から入力されるこれらのスイッチ駆動信号S1R～S6R、S1S～S6S、S1T～S6Tに基づいて、各入力端子 $T_R$ 、 $T_S$ 、 $T_T$ と各出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間で双方向の電力変換を行う。

【0028】

30

制御部5は、直流インダクタ17、27、37のいずれか1つ、および、直流インダクタ18、28、38のいずれか1つに電流を常に流れるように、パルス信号であるスイッチ駆動信号S1R～S6R、S1S～S6S、S1T～S6Tを生成する。

【0029】

これにより、電力変換装置1は、従来の電流形電力変換装置の内部に流れる直流電流をパルス化し、従来の電流形電力変換装置と等価な電流を流すことで等価な動作を行うことができる。しかも、電力変換装置1は、電力変換の際に昇圧および降圧をリアクトルとスイッチとを外部に設けることなく行うことができる。

【0030】

図2は、3相入力3相出力の電流形インバータの構成を示す図である。かかる電流形インバータは、交流直流変換を行うコンバータ部により交流から直流電流 $i_{dc}$ を生成した後、直流電流 $i_{dc}$ を直流交流変換を行うインバータ部により交流に変換する。

40

【0031】

電力変換部2は、図1に示すように、各入力端子 $T_R$ 、 $T_S$ 、 $T_T$ と各出力端子 $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$ との間に複数の片方向スイッチを備える。そして、かかる電力変換部2の制御は、上述したコンバータ部に対する制御と上述したインバータ部に対する制御とに分けて考えることができる。すなわち、電力変換部2の制御は、電流形コンバータ側と電流形インバータ側に分けることができる。

【0032】

制御部5は、交流直流変換用のスイッチ駆動信号S1c～S6cと、直流交流変換用の

50

スイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  を生成する。交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S1c \sim S6c$  は、電流形コンバータ側のスイッチ駆動信号であり、直流交流変換用のスイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  は、電流形インバータ側のスイッチ駆動信号である。

【0033】

制御部5は、交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S1c \sim S6c$  と、直流交流変換用のスイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  とを合成することで、電力変換部2を制御するスイッチ駆動信号  $S1R \sim S6R$ 、 $S1S \sim S6S$ 、 $S1T \sim S6T$  を生成する。

【0034】

以下、制御部5の構成について具体的に説明する。図3は、制御部5の構成例を示す図である。なお、ここでは、一例として、入力端子  $T_R$ 、 $T_S$ 、 $T_T$  から入力される交流電力を交流-交流変換して、出力端子  $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$  へ出力する場合を説明するが、その逆も同様に制御可能である。

【0035】

図3に示すように、制御部5は、搬送波信号発生器51と、電流指令発生器52と、第1のパルス発生器53と、第2のパルス発生器54と、駆動信号分配器55とを備える。搬送波信号発生器51は、搬送波信号  $V_c$  を発生し、第2のパルス発生器54へ出力する。なお、第1のパルス発生器53が第1信号発生器の一例に相当し、第2のパルス発生器54が第2信号発生器の一例に相当する。また、駆動信号分配器55が駆動信号発生器の一例に相当する。

【0036】

電流指令発生器52は、交流直流変換用の制御信号（以下、コンバータ制御信号と記載する）を生成して第1のパルス発生器53へ出力する。また、電流指令発生器52は、直流交流変換用の制御信号（以下、インバータ制御信号と記載する）を生成して第2のパルス発生器54へ出力する。

【0037】

まず、インバータ制御信号について説明する。電流指令発生器52は、インバータ制御信号として、出力電流指令ベクトルを構成する電流ベクトル  $I_{a_{out}}$ 、 $I_{b_{out}}$  と、電流位相指令  $I_{out}$ 、ゼロベクトル指令  $S_{z_{out}}$  とを生成して第2のパルス発生器54へ出力する。

【0038】

第2のパルス発生器54は、インバータ制御信号に基づき、図4に示す9つの電流ベクトル  $I_{uv}$ 、 $I_{uw}$ 、 $I_{vw}$ 、 $I_{vu}$ 、 $I_{wu}$ 、 $I_{wv}$ 、 $I_{uu}$ 、 $I_{vv}$ 、 $I_{ww}$  に応じたスイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  を生成して出力する。

【0039】

9つの電流ベクトルのうち、電流ベクトル  $I_{uv}$ 、 $I_{uw}$ 、 $I_{vw}$ 、 $I_{vu}$ 、 $I_{wu}$ 、 $I_{wv}$  は、異なる出力相間の電流に対応する電流ベクトル（以下、有効ベクトルと記載する）である。例えば、有効ベクトル  $I_{uv}$  は、U相とV相との間の電流に対応する電流ベクトルである。また、図4のように有効ベクトルは  $I_a$  ベクトルと  $I_b$  ベクトルの2種類に分類される。

【0040】

また、9つの電流ベクトルのうち、電流ベクトル  $I_{uu}$ 、 $I_{vv}$ 、 $I_{ww}$  は、それぞれ同一出力相に対応する電流ベクトルであり、大きさがゼロの電流ベクトル（以下、ゼロベクトルと記載する）である。例えば、ゼロベクトル  $I_{uu}$  は、U相に対応する大きさがゼロの電流ベクトルである。

【0041】

第2のパルス発生器54は、出力電流指令ベクトルに隣接する1つのゼロベクトルと、ゼロでない2つの有効ベクトル  $I_{a_{out}}$ 、 $I_{b_{out}}$  とを用いてスイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  を生成する。

【0042】

出力電流指令ベクトルは、例えば、出力相の電流が正弦波である場合、図4に示すベク

10

20

30

40

50

トル空間を、出力相の電流周波数で定まる角速度で回転するベクトルである。また、後述するインバータ変調率  $I_{out\_r}$  は、出力電流指令ベクトルの大きさが図4に示す六角形の内接円の半径と一致する際に出力電流指令ベクトルの値を1とした場合の出力電流指令ベクトルの値である。

【0043】

第2のパルス発生器54において、スイッチ駆動信号  $S_{1i} \sim S_{6i}$  を生成する際に用いられる電流ベクトルの出力時間は、出力電流指令ベクトルの大きさおよび位相から定まるインバータ変調率  $I_{out\_r}$  および電流位相指令  $I_{out}$  とから、下記式(1)～(3)に示すように規定される。

【0044】

「 $\theta_0$ 」は、出力電流指令ベクトルと電流ベクトル  $I_{a_{out}}$  とのなす角、「 $T_{si}$ 」は、PWM制御の周期である。また、「 $T_{ia}$ 」および「 $T_{ib}$ 」は、それぞれ有効ベクトル  $I_{a_{out}}$ 、 $I_{b_{out}}$  の出力時間である。また、「 $T_{z_{out}}$ 」は、ゼロベクトルの出力時間である。

【0045】

【数1】

$$T_{ia} = T_{si} \cdot I_{out\_r} \cdot \sin(\pi/3 - \theta_0) \quad \dots(1)$$

$$T_{ib} = T_{si} \cdot I_{out\_r} \cdot \sin(\theta_0) \quad \dots(2)$$

$$T_{z_{out}} = T_{si} - T_{ia} - T_{ib} \quad \dots(3)$$

【0046】

図4は、電力変換装置1の出力側の空間ベクトル図であり、例えば、インバータ変調率  $I_{out\_r}$  と電流位相指令  $I_{out}$  とが、図4に示される状態である場合、「 $T_{ia}$ 」は、有効ベクトル  $I_{uw}$  の出力時間、「 $T_{ib}$ 」は、有効ベクトル  $I_{uv}$  の出力時間である。また、「 $T_{z_{out}}$ 」は、ゼロベクトル  $I_{uu}$ 、 $I_{vv}$  および  $I_{ww}$  のうちゼロベクトル指令  $S_{z_{out}}$  で指定された1つのゼロベクトルの出力時間である。

【0047】

第2のパルス発生器54は、このように規定される電流ベクトルに応じたスイッチ駆動信号  $S_{1i} \sim S_{6i}$  を、パルス幅変調(Pulse Width Modulation: PWM)によって生成し、駆動信号分配器55へ出力する。以下、このようにパルス幅変調によってスイッチ駆動信号を生成するパルス発生器をPWMパルス発生器と呼ぶ場合がある。

【0048】

また、第2のパルス発生器54は、ゼロベクトルから有効ベクトルへの切り替えタイミング、または、有効ベクトルからゼロベクトルへの切り替えタイミングで、立ち上がりまたは立ち下がるクロック信号  $CLK_1$  を生成する。なお、クロック信号  $CLK_1$  は、使用する電流ベクトルの切替タイミングで立ち上がりまたは立ち下がる信号とすることもできる。

【0049】

第1のパルス発生器53は、コンバータ制御信号に基づき、第2のパルス発生器54から出力されるクロック信号  $CLK_1$  に同期して、交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  を生成して出力する。

【0050】

ここで、コンバータ制御信号について説明する。電流指令発生器52は、コンバータ制御信号として、入力電流指令ベクトルを構成する電流ベクトル  $I_{a_{in}}$ 、 $I_{b_{in}}$  と、電流位相指令  $I_{in}$ 、ゼロベクトル指令  $S_{z_{in}}$  とを生成して第1のパルス発生器53へ出力する。

【0051】

第1のパルス発生器53は、コンバータ制御信号に基づき、9つの電流ベクトル  $I_{rt}$ 、 $I_{rs}$ 、 $I_{ts}$ 、 $I_{tr}$ 、 $I_{sr}$ 、 $I_{st}$ 、 $I_{rr}$ 、 $I_{ss}$ 、 $I_{tt}$  に応じたスイッチ

10

20

30

40

50

駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  を生成して出力する。

【0052】

9つの電流ベクトルのうち、電流ベクトル  $I_{rt}$ 、 $I_{rs}$ 、 $I_{ts}$ 、 $I_{tr}$ 、 $I_{sr}$ 、 $I_{st}$  は、異なる入力相間の電流に対応する有効ベクトルであり、電流ベクトル  $I_{rr}$ 、 $I_{ss}$ 、 $I_{tt}$  は、それぞれ同一入力相に対応するゼロベクトルである。例えば、有効ベクトル  $I_{rt}$  は、R相とT相との間の電流に対応する電流ベクトルであり、ゼロベクトル  $I_{rr}$  は、R相に対応する大きさがゼロの電流ベクトルである。また、図5のように有効ベクトルは  $I_{ain}$  ベクトルと  $I_{bin}$  ベクトルの2種類に分類される。

【0053】

第1のパルス発生器53は、入力電流指令ベクトルに隣接する1つのゼロベクトルと、ゼロでない2つの有効ベクトル  $I_{ain}$ 、 $I_{bin}$  とを用いてスイッチ駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  を生成する。

10

【0054】

入力電流指令ベクトルは、例えば、入力相の電流が正弦波である場合、図5に示すベクトル空間を、入力相の電流周波数で定まる角速度で回転するベクトルである。また、後述するコンバータ変調率  $I_{in\_r}$  は、入力電流指令ベクトルの大きさが図5に示す六角形の内接円の半径と一致する際に入力電流指令ベクトルの値を1とした場合の入力電流指令ベクトルの値である。

【0055】

第1のパルス発生器53において、スイッチ駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  を生成する際に用いられる電流ベクトルの出力時間は、出力電流指令ベクトルの大きさおよび位相からそれぞれ定まるインバータ変調率  $I_{out\_r}$  および電流位相指令  $I_{out}$  から、下記式(4)～(6)に示すように規定される。

20

【0056】

「 $\theta_i$ 」は、入力電流指令ベクトルと電流ベクトル  $I_{ain}$  とのなす角、「 $T_{sc}$ 」は、制御周期である。また、「 $T_{ca}$ 」および「 $T_{cb}$ 」は、それぞれ有効ベクトル  $I_{ain}$ 、 $I_{bin}$  の出力時間、「 $T_{zin}$ 」は、ゼロベクトルの出力時間である。

【0057】

【数2】

$$T_{ca} = T_{sc} \cdot I_{in\_r} \cdot \sin(\pi/3 - \theta_i) \quad \dots (4)$$

30

$$T_{cb} = T_{sc} \cdot I_{in\_r} \cdot \sin(\theta_i) \quad \dots (5)$$

$$T_{zin} = T_{sc} - T_{ca} - T_{cb} \quad \dots (6)$$

【0058】

図5は、電力変換装置1の入力側の空間ベクトル図であり、例えば、コンバータ変調率  $I_{in\_r}$  と電流位相指令  $I_{in}$  とが、図5に示される状態である場合、「 $T_{ca}$ 」は、有効ベクトル  $I_{rt}$  の出力時間、「 $T_{cb}$ 」は、有効ベクトル  $I_{rs}$  の出力時間である。また、「 $T_{zin}$ 」は、ゼロベクトル  $I_{rr}$ 、 $I_{ss}$  および  $I_{tt}$  のうちゼロベクトル指令  $S_{zin}$  で指定された1つのゼロベクトルの出力時間である。

40

【0059】

第1のパルス発生器53は、このように規定される電流ベクトルに応じたスイッチ駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  を、後述するように変調によって生成し、駆動信号分配器55へ出力する。

【0060】

駆動信号分配器55は、交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S_{1c} \sim S_{6c}$  と、直流交流変換用のスイッチ駆動信号  $S_{1i} \sim S_{6i}$  との論理積から、スイッチ駆動信号  $S_{1R} \sim S_{6R}$ 、 $S_{1S} \sim S_{6S}$ 、 $S_{1T} \sim S_{6T}$  を生成する。

【0061】

50

具体的には、駆動信号分配器 55 は、式 (7) に示す論理積演算によって、スイッチ駆動信号  $S1R \sim S6R$ 、 $S1S \sim S6S$ 、 $S1T \sim S6T$  を生成する。駆動信号分配器 55 は、このように生成したスイッチ駆動信号  $S1R \sim S6R$ 、 $S1S \sim S6S$ 、 $S1T \sim S6T$  を電力変換部 2 へ出力することで、電力変換部 2 に電力変換を実行させる。

【数 3】

$$\begin{aligned} S1R &= S4c \cdot S1i & S3R &= S4c \cdot S3i & S5R &= S4c \cdot S5i \\ S4R &= S1c \cdot S4i & S6R &= S1c \cdot S6i & S2R &= S1c \cdot S2i \\ S1S &= S6c \cdot S1i & S3S &= S6c \cdot S3i & S5S &= S6c \cdot S5i \\ S4S &= S3c \cdot S4i & S6S &= S3c \cdot S6i & S2S &= S3c \cdot S2i \\ S1T &= S2c \cdot S1i & S3T &= S2c \cdot S3i & S5T &= S2c \cdot S5i \\ S4T &= S5c \cdot S4i & S6T &= S5c \cdot S6i & S2T &= S5c \cdot S2i \end{aligned} \quad \dots (7)$$

10

【0062】

このように、電力変換装置 1 は、ゼロベクトルと有効ベクトルを用いて電力変換部 2 の制御を行うようにしている。すなわち、電力変換装置 1 は、異なる出力相の片方向スイッチを制御して出力相間に電流を供給する出力モードと、同一出力相の複数の片方向スイッチを制御する短絡モードとにより電流指令に応じた電力変換部 2 の制御を行う。

【0063】

ここで、交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S1c \sim S6c$  と直流交流変換用のスイッチ駆動信号  $S1i \sim S6i$  との論理積演算を行う場合に、第 1 のパルス発生器 53 と第 2 のパルス発生器 54 との間で同期が取れていないとする。この場合、論理積演算によって生成されるスイッチ駆動信号は、片方向スイッチを構成するスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となることがある。

20

【0064】

そこで、本実施形態に係る電力変換装置 1 では、変調器を用いて第 1 のパルス発生器 53 を構成しており、かかる第 1 のパルス発生器 53 を、第 2 のパルス発生器 54 によって生成されるクロック信号  $CLK1$  に同期させて動作させるようにしている。

【0065】

これにより、駆動信号分配器 55 から出力するスイッチ駆動信号が片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減することができる。なお、以下、このように変調によってスイッチ駆動信号を生成するパルス発生器を 変調パルス発生器と呼ぶ場合がある。

30

【0066】

以下、第 1 のパルス発生器 53 の構成について、具体的に説明する。図 6 は、第 1 のパルス発生器 53 の構成例を示す図である。

【0067】

図 6 に示すように、第 1 のパルス発生器 53 は、変調器 61 と、スイッチ選択器 62 とを備える。変調器 61 およびスイッチ選択器 62 は、クロック信号  $CLK1$  に同期して変調を行って交流直流変換用のスイッチ駆動信号  $S1c \sim S6c$  を生成して出力する。

40

【0068】

変調器 61 は、電流ベクトル  $Ia_{in}$ 、 $Ib_{in}$  に対して変調を施した電流ベクトル  $Ia_{inz}$ 、 $Ib_{inz}$  を生成して出力する。かかる変調器 61 は、減算器 71a、71b と、遅延器 72a、72b と、加算器 73a、73b と、量子化器 74a、74b と、乗算器 75a、75b と、ベクトル選択器 76 とを備える。

【0069】

減算器 71a は、量子化器 74a の入力と出力の差分を求め、遅延器 72a へ出力する。遅延器 72a は、減算器 71a の出力をクロック信号  $CLK1$  にて 1 クロック分遅延させて加算器 73a へ出力する。加算器 73a は、電流指令発生器 52 から入力される電流ベクトル  $Ia_{in}$  に、遅延器 72a の出力である 1 クロック分前の量子化器 74a の入力

50

と出力の差分を加算して量子化器 7 4 a へ出力する。

【 0 0 7 0 】

乗算器 7 5 a は、量子化器 7 4 a の出力に対し、ベクトル選択器 7 6 から入力される選択信号に基づいた乗算処理を行い、かかる乗算結果を電流ベクトル  $I a_{i n z}$  としてスイッチ選択器 6 2 へ出力する。

【 0 0 7 1 】

減算器 7 1 b は、量子化器 7 4 b の入力と出力の差分を求め、遅延器 7 2 b へ出力する。遅延器 7 2 b は、減算器 7 1 b の出力をクロック信号  $CLK 1$  にて 1 クロック分遅延させて加算器 7 3 b へ出力する。加算器 7 3 b は、電流指令発生器 5 2 から入力される電流ベクトル  $I b_{i n}$  に、遅延器 7 2 b の出力である 1 クロック分前の量子化器 7 4 b の入力  
10

と出力の差分を加算して量子化器 7 4 b へ出力する。

【 0 0 7 2 】

乗算器 7 5 b は、量子化器 7 4 b の出力に対し、ベクトル選択器 7 6 から入力される選択信号に基づいた乗算処理を行い、かかる乗算結果を電流ベクトル  $I b_{i n z}$  としてスイッチ選択器 6 2 へ出力する。

【 0 0 7 3 】

ベクトル選択器 7 6 は、量子化器 7 4 a の入力と量子化器 7 4 b の入力とを比較し、かかる比較結果に応じた選択信号を乗算器 7 5 a、7 5 b へ出力する。具体的には、ベクトル選択器 7 6 は、量子化器 7 4 a の入力と量子化器 7 4 b の入力がともに所定閾値未満であれば、「0」を出力する。  
20

【 0 0 7 4 】

また、ベクトル選択器 7 6 は、量子化器 7 4 a の入力と量子化器 7 4 b の入力のどちらか一方が所定閾値以上であれば、値が大きい電流ベクトルに対応する乗算器へ「1」を出力し、値が小さい電流ベクトルに対応する乗算器へ「0」を出力する。なお、所定閾値は、調整可能な設定量であり、例えば、外部から設定が可能である。

【 0 0 7 5 】

例えば、所定閾値が「0.5」、量子化器 7 4 a の入力が「0.3」、量子化器 7 4 b の入力が「0.4」の場合、ベクトル選択器 7 6 は、乗算器 7 5 a、7 5 b へ「0」を出力する。また、所定閾値が「0.5」、量子化器 7 4 a の入力が「0.7」、量子化器 7 4 b の入力が「0.6」の場合、ベクトル選択器 7 6 は、乗算器 7 5 a へ「1」を出力し、乗算器 7 5 b へ「0」を出力する。  
30

【 0 0 7 6 】

スイッチ選択器 6 2 は、電流ベクトル  $I a_{1 i n z}$ 、 $I b_{1 i n z}$  と、電流位相指令  $I_{i n}$  と、ゼロベクトル指令  $S z_{i n}$  とに基づき、ゼロベクトルおよび有効ベクトルを決定する。そして、スイッチ選択器 6 2 は、このように決定した電流ベクトルに応じたスイッチ駆動信号  $S 1 c \sim S 6 c$  を生成して出力する。

【 0 0 7 7 】

上述したように、第 1 のパルス発生器 5 3 は、第 2 のパルス発生器 5 4 から出力されるクロック信号  $CLK 1$  に同期して動作する。そのため、スイッチ選択器 6 2 から出力されるスイッチ駆動信号  $S 1 c \sim S 6 c$  は、第 2 のパルス発生器 5 4 から出力されるスイッチ  
40

駆動信号  $S 1 i \sim S 6 i$  に同期する。

【 0 0 7 8 】

したがって、駆動信号分配器 5 5 は、互いに同期するスイッチ駆動信号  $S 1 i \sim S 6 i$  とスイッチ駆動信号  $S 1 c \sim S 6 c$  との論理積演算によって、スイッチ駆動信号  $S 1 R \sim S 6 R$ 、 $S 1 S \sim S 6 S$ 、 $S 1 T \sim S 6 T$  を生成することになる。これにより、駆動信号分配器 5 5 から出力するスイッチ駆動信号  $S 1 R \sim S 6 R$ 、 $S 1 S \sim S 6 S$ 、 $S 1 T \sim S 6 T$  が片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減することができる。

【 0 0 7 9 】

( 第 2 の実施形態 )

次に、第2の実施形態に係る電力変換装置について説明する。第2の実施形態に係る電力変換装置では、クロック信号CLK1に同期して動作するSHE (Selective Harmonic Elimination) 変調器を第2のパルス発生器とする点で、第1の実施形態に係る電力変換装置1と異なる。なお、上述した第1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付し、第1の実施形態と重複する説明については適宜、省略する。

【0080】

図7は、第2の実施形態に係る電力変換装置における制御部の構成例を示す図である。図7に示すように、第2の実施形態に係る電力変換装置1Aの制御部5Aは、搬送波信号発生器51と、電流指令発生器52Aと、第1のパルス発生器53Aと、第2のパルス発生器54と、駆動信号分配器55とを備える。なお、第1のパルス発生器53Aが第1信号発生器の一例に相当する。

10

【0081】

電流指令発生器52Aは、コンバータ制御信号として、コンバータ変調率 $I_{in\_r}$ と、電流位相指令 $I_{in}$ とを生成して第1のパルス発生器53Aへ出力する。

【0082】

第1のパルス発生器53Aは、コンバータ変調率 $I_{in\_r}$ および電流位相指令 $I_{in}$ に基づき、9つの電流ベクトル $I_{rt}$ 、 $I_{rs}$ 、 $I_{ts}$ 、 $I_{tr}$ 、 $I_{sr}$ 、 $I_{st}$ 、 $I_{rr}$ 、 $I_{ss}$ 、 $I_{tt}$ に応じたスイッチ駆動信号 $S1c \sim S6c$ を生成して出力する。

【0083】

第1のパルス発生器53Aは、SHE変調器であり、あらかじめ電流位相指令とコンバータ変調率に対し、歪の少ないスイッチングパターンを構成するスイッチ駆動信号のデータを内部の記憶部に記憶している。第1のパルス発生器53Aは、電流指令発生器52Aから入力されるコンバータ変調率 $I_{in\_r}$ および電流位相指令 $I_{in}$ に対応するスイッチ駆動信号のデータを、クロック信号CLK1に同期して内部の記憶部から読み出して駆動信号分配器55へ出力する。

20

【0084】

以下、第1のパルス発生器53Aの構成について、具体的に説明する。図8は、第1のパルス発生器53Aの構成例を示す図である。

【0085】

図8に示すように、第1のパルス発生器53Aは、アドレス発生器71と、SHEパターン記憶器72とを備え、第2のパルス発生器54によって生成されるクロック信号CLK1に同期して動作する。

30

【0086】

アドレス発生器71は、電流位相指令 $I_{in}$ とコンバータ変調率 $I_{in\_r}$ との関係に応じたアドレス情報を記憶しており、電流指令発生器52Aから入力されるコンバータ変調率 $I_{in\_r}$ および電流位相指令 $I_{in}$ に対応するアドレス情報を出力する。

【0087】

SHEパターン記憶器72は、アドレス情報に応じたスイッチ駆動信号 $S1c \sim S6c$ のデータを記憶している。SHEパターン記憶器72は、アドレス発生器71から入力されるアドレス情報に応じたスイッチ駆動信号 $S1c \sim S6c$ のデータをクロック信号CLK1に同期して読み出して出力する。

40

【0088】

SHEパターン記憶器72に記憶されるスイッチ駆動信号 $S1c \sim S6c$ のデータは、歪の少なくなるように選択されたスイッチングパターンのスイッチ駆動信号である。例えば、入力相の電圧位相の $\pi/3$ の区間内で出力するスイッチ駆動信号のパルス数を予め決めておき、入力相の電圧位相に対して入力電流の高調波が小さくなるスイッチ駆動信号のパターンをテーブルとしてSHEパターン記憶器72に記憶しておく。これにより、SHEパターン記憶器72から入力電流の歪が少なくなるようなスイッチ駆動信号 $S1c \sim S6c$ が選択されて駆動信号分配器55へ出力される。

【0089】

50

このように、第1のパルス発生器53Aは、第2のパルス発生器54から出力されるクロック信号CLK1に同期して動作する。そのため、スイッチ選択器62から出力されるスイッチ駆動信号S1c~S6cは、第2のパルス発生器54から出力されるスイッチ駆動信号S1i~S6iに同期する。

【0090】

したがって、第2の実施形態に係る電力変換装置1Aでは、第1の実施形態に係る電力変換装置1と同様に、スイッチ駆動信号S1R~S6R、S1S~S6S、S1T~S6Tが片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減することができる。

【0091】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態に係る電力変換装置について説明する。第3の実施形態に係る電力変換装置では、第1のパルス発生器に加え、第2のパルス発生器も変調を行うパルス発生器とする点で、第1の実施形態に係る電力変換装置1と異なる。なお、上述した第1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付し、第1の実施形態と重複する説明については適宜、省略する。

【0092】

図9は、第3の実施形態に係る電力変換装置における制御部の構成例を示す図である。図9に示すように、第3の実施形態に係る電力変換装置1Bの制御部5Bは、電流指令発生器52と、第1のパルス発生器53と、第2のパルス発生器54Bと、駆動信号分配器55と、クロック信号発生器56とを備える。なお、第2のパルス発生器54Bが第2信号発生器の一例に相当する。

【0093】

第2のパルス発生器54Bは、第1の実施形態に係る第1のパルス発生器53と同様に変調を行う。具体的には、第2のパルス発生器54Bは、電流ベクトル $I_{a_{in}}$ 、 $I_{b_{in}}$ に対して変調を行う変調器と、かかる変調器の出力に基づいてスイッチ駆動信号S1i~S6iを生成するスイッチ選択器を備える。

【0094】

第2のパルス発生器54Bは、クロック信号発生器56から出力されるクロック信号CLK2に同期してスイッチ駆動信号S1i~S6iを生成する。同様に、第1のパルス発生器53もクロック信号CLK2に同期してスイッチ駆動信号S1c~S6cを生成する。

【0095】

したがって、第3の実施形態に係る電力変換装置1Bでは、第1の実施形態に係る電力変換装置1と同様に、スイッチ駆動信号S1R~S6R、S1S~S6S、S1T~S6Tが片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減することができる。

【0096】

(第4の実施形態)

次に、第4の実施形態に係る電力変換装置について説明する。第4の実施形態に係る電力変換装置では、電流形インバータ側と電流形コンバータ側のいずれか一方に選択的に変調パルス発生器を適用することができる点で、第1の実施形態に係る電力変換装置1と異なる。なお、上述した第1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付し、第1の実施形態と重複する説明については適宜、省略する。

【0097】

図10は、第4の実施形態に係る電力変換装置における制御部の構成例を示す図である。図10に示すように、第4の実施形態に係る電力変換装置1Cの制御部5Cは、搬送波信号発生器51と、電流指令発生器52Cと、第1のパルス発生器53と、第2のパルス発生器54と、駆動信号分配器55とを備える。さらに、制御部5Cは、第3のパルス発生器57と、第4のパルス発生器58と、パルス切替器59とを備える。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 8 】

なお、第3のパルス発生器57が第3信号発生器の一例に相当し、第4のパルス発生器58が第2信号発生器の一例に相当する。また、パルス切替器59が信号切替器の一例に相当する。

## 【 0 0 9 9 】

電流指令発生器52Cは、第1の実施形態に係る電流指令発生器52と同様に、電流形コンバータ側の制御信号を生成して出力するとともに、電流形インバータ側に対応する制御信号を生成して出力する。コンバータ制御信号は、第1のパルス発生器53に加え、第3のパルス発生器57へ入力される。また、インバータ制御信号は、第2のパルス発生器54に加え、第4のパルス発生器58へ入力される。

10

## 【 0 1 0 0 】

第3のパルス発生器57は、コンバータ制御信号に基づき、9つの電流ベクトル $I_{rt}$ 、 $I_{rs}$ 、 $I_{ts}$ 、 $I_{tr}$ 、 $I_{sr}$ 、 $I_{st}$ 、 $I_{rr}$ 、 $I_{ss}$ 、 $I_{tt}$ に応じたスイッチ駆動信号 $S_{1c} \sim S_{6c}$ を生成して出力する。

## 【 0 1 0 1 】

また、第3のパルス発生器57は、ゼロベクトルから有効ベクトルへの切り替えタイミング、または、有効ベクトルからゼロベクトルへの切り替えタイミングで、立ち上がりまたは立ち下がるクロック信号 $CLK_{1A}$ を生成する。

## 【 0 1 0 2 】

第4のパルス発生器58は、第2のパルス発生器54Bと同様に、変調器と、スイッチ選択器とを備える。かかる第4のパルス発生器58は、第3のパルス発生器57から出力されるクロック信号 $CLK_{1A}$ に同期して、インバータ制御信号に基づき、スイッチ駆動信号 $S_{1i} \sim S_{6i}$ を生成して出力する。

20

## 【 0 1 0 3 】

パルス切替器59は、パルス切替指令 $Sw$ に基づき、第1のパルス発生器53および第2のパルス発生器54から出力されるスイッチ駆動信号と、第3のパルス発生器57および第4のパルス発生器58から出力されるスイッチ駆動信号のいずれかを選択する。パルス切替器59は、選択したスイッチ駆動信号を駆動信号分配器55へ出力する。

## 【 0 1 0 4 】

例えば、電流指令発生器52Cから出力されるパルス切替指令 $Sw$ が $Low$ であるとする。この場合、パルス切替器59は、第1のパルス発生器53から出力されるスイッチ駆動信号 $S_{1c} \sim S_{6c}$ と、第2のパルス発生器54から出力されるスイッチ駆動信号 $S_{1i} \sim S_{6i}$ とを選択して駆動信号分配器55へ出力する。

30

## 【 0 1 0 5 】

また、電流指令発生器52Cから出力されるパルス切替指令 $Sw$ が $High$ であるとする。この場合、パルス切替器59は、第3のパルス発生器57から出力されるスイッチ駆動信号 $S_{1c} \sim S_{6c}$ と、第4のパルス発生器58から出力されるスイッチ駆動信号 $S_{1i} \sim S_{6i}$ とを選択して駆動信号分配器55へ出力する。

## 【 0 1 0 6 】

このように、第4の実施形態に係る電力変換装置1Cでは、電流形コンバータ側と電流形インバータ側のうち一方にPWMパルス発生器を用い、他方に変調パルス発生器を用いるように選択することができる。

40

## 【 0 1 0 7 】

PWMパルス発生器を電流形インバータ側に用いた場合に比べ、変調パルス発生器を電流形インバータに用いた場合は、電力変換装置1Cは低い電圧を出力することが難しい。これは、出力できる電圧の下限が、出力周波数と電流形コンバータ側の最小パルス幅の比に依存することによるものである。

## 【 0 1 0 8 】

上述した方法でPWMパルス発生器が発生するクロック信号に同期して変調パルス発生器を同期させた場合、PWMパルスのキャリア半周期よりもパルス幅が広くなつてし

50

まう。したがって、変調を電流形コンバータ側に使用した場合は、電流形コンバータ側の最小パルス幅が大きくなるので、数ボルト程度の電圧でも出力できない場合がある。

【0109】

そこで、第4の実施形態に係る電力変換装置1Cでは、所定値以上の電圧を出力する場合には、第1のパルス発生器53と第2のパルス発生器54とを用い、所定値未満の電圧を出力する場合には、第3のパルス発生器57と第4のパルス発生器58とを用いる。

【0110】

このように、電力変換装置1Cは、出力する電圧が低い場合には電流形コンバータ側にPWMパルス発生器を、電流形インバータ側に変調パルス発生器をそれぞれ用いる。これにより、スイッチ駆動信号S1R~S6R、S1S~S6S、S1T~S6Tが片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減しつつも、低い電圧を出力することが可能となる。

【0111】

なお、第4の実施形態においては、第1のパルス発生器53および第4のパルス発生器58に変調パルス発生器を用いることとしたが、いずれか一方または両方をSHE変調パルス発生器としてもよい。

【0112】

(第5の実施形態)

次に、第5の実施形態に係る電力変換装置について説明する。第5の実施形態に係る電力変換装置では、第1の実施形態に係る電力変換装置に対してさらにゼロベクトル固定処理部を追加する点で、第1の実施形態に係る電力変換装置と異なる。なお、上述した第1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付し、第1の実施形態と重複する説明については適宜、省略する。

【0113】

上述した第1の実施形態に係る電力変換装置1において、電流形コンバータの駆動信号S1cからS6cの状態変化を電流形インバータの駆動信号S1iからS6iの状態変化に同期させることにより、スイッチ駆動信号が継続時間の短いパルス信号とならないようにしている。しかしながら、電流形コンバータの駆動信号S1cからS6cの状態変化のすぐ後に電流形インバータの駆動信号S1i~S6iが状態を変化させると、結果としてスイッチ駆動信号が継続時間の短いパルス信号をなってしまう。そこで、第5の実施形態に係る電力変換装置では、ゼロベクトル固定処理部を追加している。

【0114】

図11は、第5の実施形態に係る電力変換装置におけるゼロベクトル固定処理部の構成例を示す図である。かかるゼロベクトル固定処理部は、上述した駆動信号分配器55と電力変換部2との間に設けられるものであり、第1の実施形態に係る電力変換装置1の制御部5に追加される構成である。なお、第2~第4の実施形態に係る電力変換装置の制御部に追加することも可能である。ここでは、ゼロベクトル固定処理部の構成について説明し、制御部のその他の構成については説明を省略する。

【0115】

図11に示すように、第5の実施形態に係る電力変換装置のゼロベクトル固定処理部80は、Dラッチ回路部81と、ゼロベクトル検出部82とを備える。なお、ゼロベクトル固定処理部80は、信号処理部の一例に相当する。また、ここでは、説明の便宜上、駆動信号分配器55から出力されるスイッチ駆動信号S1R~S6R、S1S~S6S、S1T~S6Tを、S1R\*~S6R\*、S1S\*~S6S\*、S1T\*~S6T\*とする。

【0116】

Dラッチ回路部81は、スイッチ駆動信号S1R\*~S6R\*、S1S\*~S6S\*、S1T\*~S6T\*のそれぞれに対応する18個のDラッチ回路を有する。各Dラッチ回路は、ゼロベクトル検出部82から出力される後述するクロック信号PsがLowである場合に、スイッチ駆動信号S1R\*~S6R\*、S1S\*~S6S\*、S1T\*~S6T\*をラッチする。このとき、ゼロベクトル固定処理部80から出力されるスイッチ駆動信

10

20

30

40

50

号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T は、ラッチ時の状態で維持される。

【 0 1 1 7 】

したがって、クロック信号 P s が L o w の状態において、スイッチ駆動信号 S 1 R \* ~ S 6 R \*、S 1 S \* ~ S 6 S \*、S 1 T \* ~ S 6 T \* のいずれかに変化があったとしても、ゼロベクトル固定処理部 8 0 から出力されるスイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T は変化しない。

【 0 1 1 8 】

ゼロベクトル検出部 8 2 は、ゼロベクトル I u u、I v v、I w w に対応するスイッチ駆動信号 S 1 i ~ S 6 i が第 2 のパルス発生器 5 4 から出力されたことを検出し、所定時間幅 L o w となるクロック信号 P s を D ラッチ回路部 8 1 へ出力する。例えば、ゼロベクトル I u u に対応するスイッチ駆動信号 S 1 i、S 4 i がオン指令である H i g h となった場合に、ゼロベクトル検出部 8 2 は、所定時間幅 L o w となるクロック信号 P s を D ラッチ回路部 8 1 へ出力する。

10

【 0 1 1 9 】

図 1 1 に示すように、ゼロベクトル検出部 8 2 は、AND 回路 9 1 ~ 9 3 と、遅延回路 9 4 ~ 9 7 と、OR 回路 9 8 と、NOT 回路 9 9 とを備える。AND 回路 9 1 は、スイッチ駆動信号 S 1 i、S 4 i とを入力し、スイッチ駆動信号 S 1 i、S 4 i が共に H i g h である場合に、ゼロベクトル I u u の検出を示す H i g h の信号を出力する。また、AND 回路 9 2 は、スイッチ駆動信号 S 3 i、S 6 i が共に H i g h である場合に、ゼロベクトル I w w の検出を示す H i g h の信号を出力する。また、AND 回路 9 3 は、スイッチ駆動信号 S 2 i、S 5 i が共に H i g h である場合に、ゼロベクトル I v v の検出を示す H i g h の信号を出力する。

20

【 0 1 2 0 】

AND 回路 9 1 ~ 9 3 のいずれかがゼロベクトルを検出すると、遅延回路 9 4 ~ 9 6 と OR 回路 9 8 によって、所定期間 H i g h となる信号が OR 回路 9 8 から出力される。OR 回路 9 8 から出力された信号は、遅延回路 9 7 によって遅延され、NOT 回路 9 9 で反転されて D ラッチ回路部 8 1 の各 D ラッチ回路へ入力される。

【 0 1 2 1 】

このように、ゼロベクトル固定処理部 8 0 は、電流形インバータ側がゼロベクトルを出力する状態になったことを検出すると、D ラッチ回路によってスイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T の信号をホールドする。したがって、インバータ側においてゼロベクトルが出力されている間、スイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T がホールドされる。

30

【 0 1 2 2 】

電流形インバータ側のゼロベクトルは、搬送波信号 V c の山（極大値）または谷（極小値）の前後で発生するように構成している。かかる構成において、ゼロベクトル固定処理部 8 0 を設けない場合、搬送波信号 V c が極値をとるタイミングの前後で電流形インバータ側のゼロベクトルが変化してスイッチ駆動信号 S 1 i ~ S 6 i が変化する。この場合、電流形コンバータ側の電流ベクトルと電流形インバータ側の電流ベクトルが短い時間間隔で相次いで変化するおそれがある。

40

【 0 1 2 3 】

一方、第 5 の実施形態に係る電力変換装置では、ゼロベクトル固定処理部 8 0 を設けていることから、搬送波信号 V c が極値をとるタイミングの前後で電流形インバータ側のゼロベクトルが変化した場合であっても、強制的にゼロベクトルを変化させず同じゼロベクトルを出力しているため、スイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T は電流形インバータがゼロベクトルを出力するかぎり変化しない。そのため、電流形コンバータ側の電流ベクトルと電流形インバータ側の電流ベクトルが短い時間間隔で相次いで変化することが無くなる。すなわち、電力変換部 2 へ出力されるスイッチ駆動信号が片方向スイッチのスイッチング素子を駆動できないほど継続時間の短いパルス信号となる現象を低減することができる。

50

## 【 0 1 2 4 】

なお、上述においては、電流形コンバータ側に 変調パルス発生器を、電流形インバータ側に PWMパルス発生器を使用する場合の例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、第 4 の実施形態に係る電力変換装置 1 C のように、電流形コンバータ側に PWMパルス発生器を、電流形インバータ側に 変調パルス発生器を使用する場合、スイッチ駆動信号 S 1 c ~ S 6 c に基づいて、電流形コンバータ側のゼロベクトルを検出する。

## 【 0 1 2 5 】

そして、電流形コンバータ側のゼロベクトルの期間中に、スイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T の信号をサンプルホールドする。このようにすることで、回路遅延に起因する数ナノ秒程度の細かいパルスがスイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T に発生することを抑制できる。

10

## 【 0 1 2 6 】

なお、上述では、第 1 の実施形態に係る電力変換装置 1 に対してゼロベクトル固定処理部 8 0 を追加するものとして説明したが、第 2 ~ 第 4 の実施形態に係る電力変換装置 1 A、1 B、1 C に対してゼロベクトル固定処理部 8 0 を追加することも当然に可能である。また、スイッチ駆動信号 S 1 R ~ S 6 R、S 1 S ~ S 6 S、S 1 T ~ S 6 T の信号をサンプルホールドするよう説明したが、スイッチ駆動信号 S 1 i ~ S 6 i とスイッチ駆動信号 S 1 c ~ S 6 c をサンプルホールドしてもよい。

## 【 0 1 2 7 】

(第 6 の実施形態)

次に、第 6 の実施形態に係る電力変換装置について説明する。第 6 の実施形態に係る電力変換装置では、上述した実施形態に係る電力変換装置の構成に加え、さらに、入力相電圧検出部と、出力相電圧検出部と、ゼロベクトル選択器とを設けた点で、上述した実施形態に係る電力変換装置と異なる。なお、上述した実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付し、上述した実施形態と重複する説明については適宜、省略する。

20

## 【 0 1 2 8 】

図 1 2 は、第 6 の実施形態に係る電力変換装置の構成例を示す図である。図 1 2 に示すように、第 6 の実施形態に係る電力変換装置 1 E は、電力変換部 2 と、制御部 5 E と、入力相電圧検出部 6 と、出力相電圧検出部 7 とを備える。なお、図 1 2 では、第 1 のフィルタ部 3 および第 2 のフィルタ部 4 は、省略している。

30

## 【 0 1 2 9 】

入力相電圧検出部 6 は、入力相である S 相、R 相および T 相のそれぞれの電圧の瞬時値を検出し、検出結果である入力相電圧検出値  $V_R$ 、 $V_S$ 、 $V_T$  を制御部 5 E へ出力する。入力相電圧検出値  $V_R$  は、R 相の電圧の瞬時値であり、入力相電圧検出値  $V_S$  は、S 相の電圧の瞬時値であり、入力相電圧検出値  $V_T$  は、T 相の電圧の瞬時値である。

## 【 0 1 3 0 】

出力相電圧検出部 7 は、出力相である U 相、V 相および W 相のそれぞれの電圧の瞬時値を検出し、検出結果である出力相電圧検出値  $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$  を制御部 5 E へ出力する。出力相電圧検出値  $V_U$  は、U 相の電圧の瞬時値であり、出力相電圧検出値  $V_V$  は、V 相の電圧の瞬時値であり、出力相電圧検出値  $V_W$  は、W 相の電圧の瞬時値である。

40

## 【 0 1 3 1 】

制御部 5 E は、入力相電圧検出値  $V_R$ 、 $V_S$ 、 $V_T$  と、出力相電圧検出値  $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$  とに基づいて、開放状態にある入力側と出力側の端子間電圧が高くないようなゼロベクトル指令  $S_{z_{in}}$ 、 $S_{z_{out}}$  を生成するゼロベクトル選択器 1 0 0 を電流指令発生器 5 2 E に備える。ゼロベクトル指令  $S_{z_{in}}$  は、電流形コンバータ側のゼロベクトルを指定する指令であり、ゼロベクトル指令  $S_{z_{out}}$  は、電流形インバータ側のゼロベクトルを指定する指令である。なお、電流指令発生器 5 2 E において、その他の構成は、電流指令発生器 5 2 と同様である。

## 【 0 1 3 2 】

50

ゼロベクトル選択器 100 は、入力相電圧検出値のうち、絶対値 ( $|V_R|$ 、 $|V_S|$ 、 $|V_T|$ ) が最も大きい入力相電圧検出値を判定する。そして、ゼロベクトル選択器 100 は、絶対値が最も大きい入力相電圧検出値に対応する相を使ったゼロベクトルを指定する指令を、ゼロベクトル指令  $Sz_{in}$  として出力する。

【0133】

また、ゼロベクトル選択器 100 は、ゼロベクトル指令  $Sz_{in}$  に対応する相の電圧極性を判定する。そして、ゼロベクトル選択器 100 は、電圧極性の判定結果が正の場合、さらに、出力相電圧検出値のうち、電圧極性が正で、かつ、最も値が大きい出力相電圧検出値を判定する。ゼロベクトル選択器 100 は、電圧極性が正で、かつ、最も値が大きい出力相電圧検出値に対応する相を使ったゼロベクトルを指定する指令を、ゼロベクトル指令  $Sz_{out}$  として出力する。

10

【0134】

一方、ゼロベクトル選択器 100 は、電圧極性の判定結果が負の場合、さらに、出力相電圧検出値のうち、電圧極性が負で、かつ、最も値が低い出力相電圧検出値を判定する。ゼロベクトル選択器 100 は、電圧極性が負で、かつ、最も値が低い出力相電圧検出値に対応する相を使ったゼロベクトルを指定する指令を、ゼロベクトル指令  $Sz_{out}$  として出力する。

【0135】

ゼロベクトル選択器 100 は、このようにゼロベクトル指令  $Sz_{in}$ 、 $Sz_{out}$  を生成しており、これにより、開放状態にある入力側と出力側の端子間電圧が高くなることを防止することができる。

20

【0136】

ここで、端子間電圧が高くなることを防止することができる点について、説明する。電流形コンバータ側と電流形インバータ側が同時にゼロベクトルを出力する状態になった場合、入力端子  $T_R$ 、 $T_S$ 、 $T_T$  の 1 つと出力端子  $T_U$ 、 $T_V$ 、 $T_W$  の 1 つの電位が等しくなる。

【0137】

例えば、電流形コンバータ側のゼロベクトル  $I_{tt}$  と電流形インバータ側のゼロベクトル  $I_{uu}$  とが出力された場合を考える。この場合、スイッチ駆動信号  $S1T$ 、 $S4T$  が High となり、片方向スイッチ 31、32 がオンになる。そのため、直流インダクタ 37、38 は環流状態となり、直流インダクタ 37、38 の巻線電圧がゼロである場合、入力端子  $T_T$  と、出力端子  $T_U$  とが短絡された状態と同様の状態となる。

30

【0138】

この場合、例えば、入力端子  $T_R$  と出力端子  $T_W$  との間の端子間電圧が  $V_{rt} + V_{uw}$  であり、かつ、 $V_{uw}$  と  $V_{rt}$  が同程度の電圧であれば、図 13A に示すように、開放状態にある入力端子  $T_R$  と出力端子  $T_W$  との間にある片方向スイッチに非常に高い電圧が印加される。そのため、片方向スイッチを構成するスイッチング素子の耐圧が問題となる。

【0139】

このような場合であっても、第 6 の実施形態に係る電力変換装置 1E では、図 13B に示すように、電流形インバータ側のゼロベクトルをゼロベクトル  $I_{ww}$  とし、入力側と出力側で開放状態にある端子の電圧を全て同じ極性にする。そのため、開放状態にある端子、例えば、入力端子  $T_R$  と出力端子  $T_U$  との端子間電圧は  $V_{rt} - V_{uw}$  となり、端子間電圧は低くなり、スイッチング素子に要求される耐圧値が、入力または出力のピーク電圧値を大幅に超える値となることを回避することができる。

40

【0140】

図 13A および図 13B に示すように、R 相、S 相および T 相の入力相のうち、絶対値が最も大きな入力相の電圧極性は、それ以外の入力相の電圧極性とは逆になる。同様に、U 相、V 相および W 相の出力相のうち、絶対値が最も大きな出力相の電圧極性は、それ以外の出力相の電圧極性とは逆になる。ゼロベクトル選択器 100 は、上述の処理によって、入力側と出力側で開放状態にある端子の電圧を全て同じ極性にする。

50

## 【0141】

そのため、開放状態にある入力側と出力側の端子間電圧は、同じ極性の相電圧の差電圧となる。しかも、これらの端子間の相電圧は3相のうちで絶対値が最大ではない2番目または最小の値となるため、端子間電圧を低減することができる。

## 【0142】

なお、出力相電圧が耐圧の問題を起こさない程度に低い場合は、ゼロベクトル選択器100は、入力相電圧検出値 $V_R$ 、 $V_S$ 、 $V_T$ および出力相電圧検出値 $V_{UV}$ 、 $V_{VW}$ を用いることなく、所定の規則にしたがって、ゼロベクトル指令 $S_{Zin}$ 、 $S_{Zout}$ を生成することもできる。

## 【0143】

以上のように、第6の実施形態に係る電力変換装置1Eでは、電力変換部2において片方向スイッチを構成するスイッチング素子に要求される耐圧が、入力または出力のピーク電圧値を大幅に超える値となることを回避することができる。

## 【0144】

なお、上記第1～第6の実施形態では、3相入力3相出力の電力変換装置の例を説明したが、N相（Nは2以上の自然数9）入力でM相（Mは2以上の自然数）出力の電力変換装置であればよい。例えば、例えば、2相入力3相出力の電力変換装置、2相入力2相出力の電力変換装置であっても上記技術を適用することもできる。

## 【0145】

また、上記第1～第6の実施形態では、結合された直流インダクタ17、27、37と、結合された直流インダクタ18、28、38とを設ける例を説明したが、少なくとも、直流インダクタ17、27、37が設けられていればよい。

## 【0146】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

## 【符号の説明】

## 【0147】

- 1、1A、1B、1C、1E 電力変換装置
- 2 電力変換部
- 3 第1のフィルタ部
- 4 第2のフィルタ部
- 5、5A、5B、5C、5E 制御部
- 6 入力相電圧検出部
- 7 出力相電圧検出部
- 11～16、21～26、31～36 片方向スイッチ
- 17、18、27、28、37、38 直流インダクタ
- 52、52A、52C、52E 電流指令発生器
- 53、53A 第1のパルス発生器
- 54、54B 第2のパルス発生器
- 55 駆動信号分配器
- 56 第3のパルス発生器
- 57 第4のパルス発生器
- 58 パルス切替器

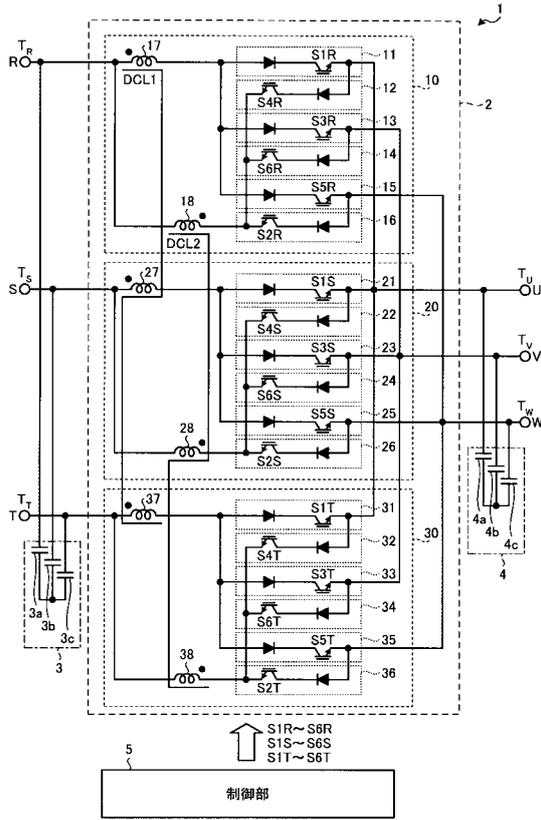
10

20

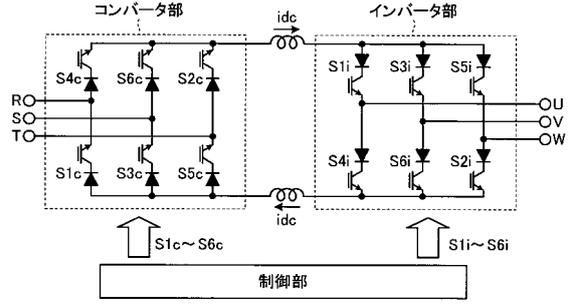
30

40

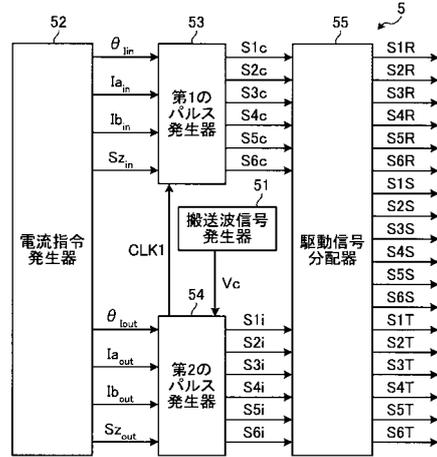
【図1】



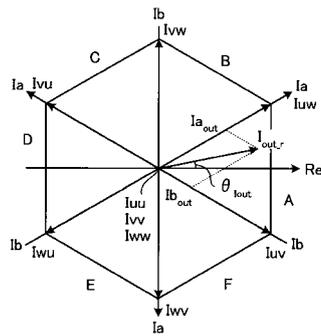
【図2】



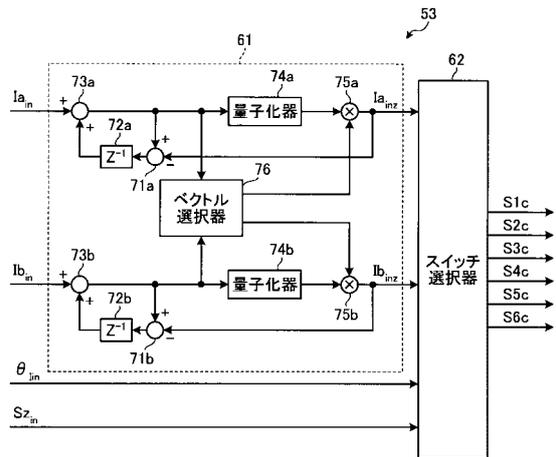
【図3】



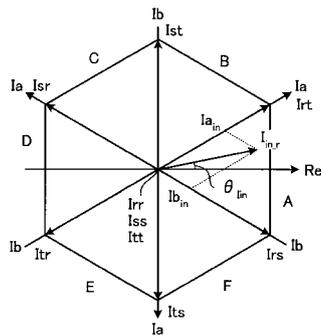
【図4】



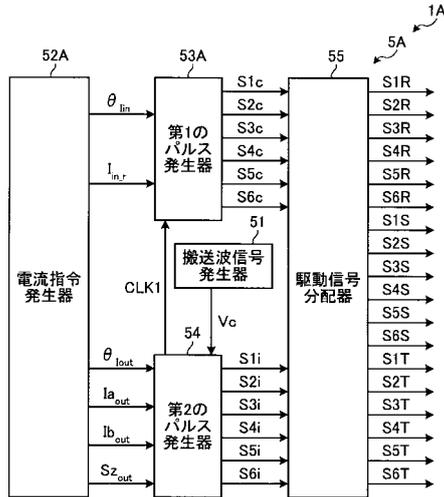
【図6】



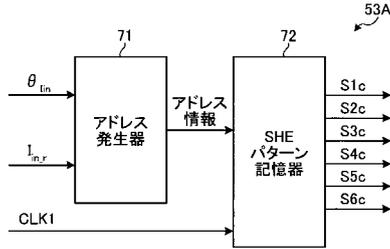
【図5】



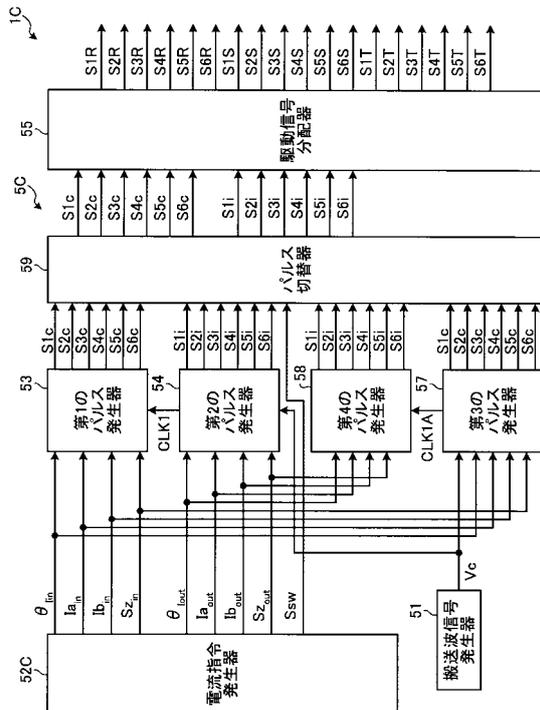
【図7】



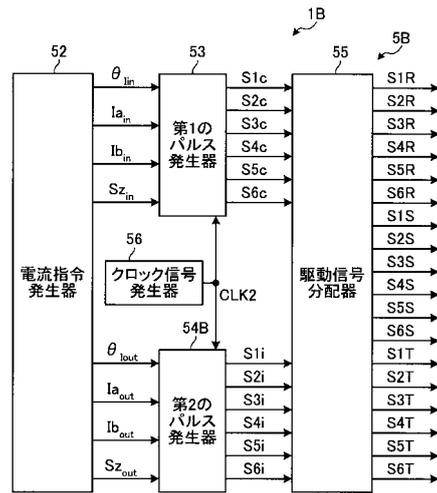
【図8】



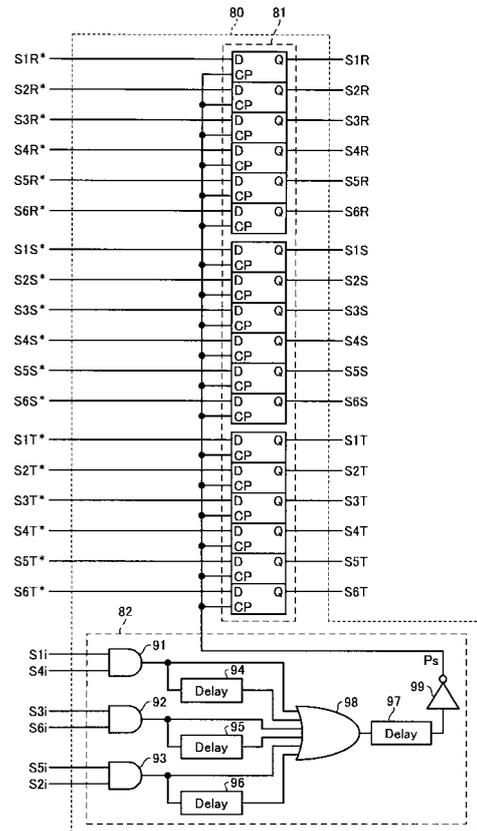
【図10】



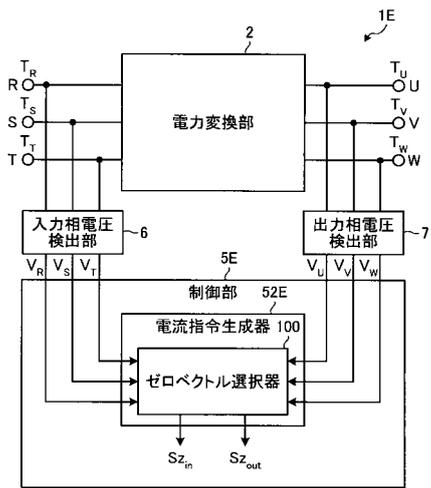
【図9】



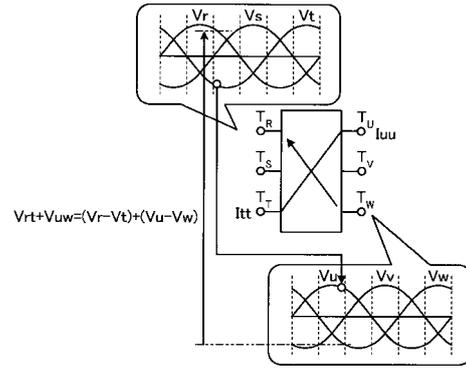
【図11】



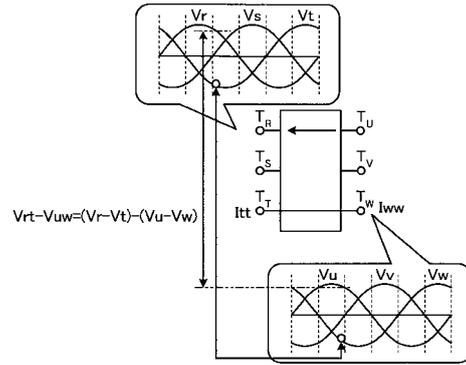
【図12】



【図13A】



【図13B】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2006/035752(WO, A1)  
特開2010-148333(JP, A)  
特開2007-306709(JP, A)  
特開2012-186924(JP, A)  
国際公開第2006/112275(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02M 5/293