

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6160547号
(P6160547)

(45) 発行日 平成29年7月12日(2017.7.12)

(24) 登録日 平成29年6月23日(2017.6.23)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2M	3/28	(2006.01)	HO2M	3/28	H
HO2M	3/335	(2006.01)	HO2M	3/335	E
			HO2M	3/28	U

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-81405 (P2014-81405)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成26年4月10日 (2014.4.10)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2015-204640 (P2015-204640A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成27年11月16日 (2015.11.16)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成27年8月25日 (2015.8.25)		弁理士 伊東 忠重
		(74) 代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	武藤 潤
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		審査官	松本 泰典

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置及び電力変換方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1次側回路に備えられる1次側ポートと、前記1次側回路と変圧器で磁気結合する2次側回路に構成される2次側ポートと、前記2次側ポートと接続されるDCDCコンバータと、を備える電源装置の電力変換方法であって、

前記変圧器によって前記1次側ポートの電圧と前記2次側ポートの電圧との電圧比を1 : Nの巻き数比で変圧させ、前記1次側回路のスイッチングと前記2次側回路のスイッチングとの位相差を変更して、前記1次側回路と前記2次側回路との間で伝送される伝送電力を調整するステップと、

前記伝送電力を伝送している期間中、前記1次側ポートの電圧と前記2次側ポートの電圧との電圧比を監視する監視ステップと、

前記電圧比が、前記変圧器の巻き数比1 : Nと等しく、前記1次側ポートの電圧と前記2次側ポートの電圧とが均衡する値である基準値から所定値以上乖離しているか否かを判定する判定ステップと、

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離していないときに、前記DCDCコンバータを作動させない不作動ステップと、

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離しているときに、前記DCDCコンバータを作動させて、前記2次側ポートの電圧を所定範囲内の値に保持させることで、前記電圧比を前記基準値に近づける作動ステップと、を有する、

10

20

電力変換方法。

【請求項 2】

前記電圧比は、前記 2 次側ポートの電圧に依存しており、前記 2 次側ポート側の電圧が大きく変動した際に、前記 D C D C コンバータを作動させることで、前記伝送電力を調整しながら、電流のピーク値の上昇を抑制する、

請求項 1 に記載の電力変換方法。

【請求項 3】

前記 D C D C コンバータに含まれる素子と、前記 1 次側回路及び前記 2 次側回路に含まれる素子とは、共用化される、請求項 1 又 2 のいずれか一項に記載の電力変換方法。

【請求項 4】

1 次側ポートを備える 1 次側回路と、
2 次側ポートを備え、前記 1 次側回路と、前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧との電圧比を 1 : N の巻き数比で変圧する変圧器で、磁気結合する 2 次側回路と、前記 1 次側回路のスイッチングと前記 2 次側回路のスイッチングとの位相差を変更することによって、前記 1 次側回路と前記 2 次側回路との間で伝送される伝送電力を制御する制御部と、

前記 2 次側ポートと接続される、D C D C コンバータと、を備える電力変換装置であって、

前記制御部は、

前記変圧器によって前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧との電圧比を 1 : N の巻き数比で変圧させ、前記 1 次側回路のスイッチングと前記 2 次側回路のスイッチングとの位相差を変更して、前記 1 次側回路と前記 2 次側回路との間で伝送される伝送電力を調整し、

前記伝送電力を伝送している期間中、前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧との電圧比を監視する監視し、

前記電圧比が、前記変圧器の巻き数比 1 : N と等しく、前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧とが均衡する値である基準値から所定値以上乖離しているか否かを判定する判定し、

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離していないときに、前記 D C D C コンバータを作動させずと、

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離しているときに、前記 D C D C コンバータを作動させて、前記 2 次側ポートの電圧を所定範囲内の値に保持させることで、前記電圧比を前記基準値に近づけるように作動させる、電力変換装置。

【請求項 5】

前記電圧比は、前記 2 次側ポートの電圧に依存しており、前記 2 次側ポート側の電圧が大きく変動した際に、前記 D C D C コンバータを作動させることで、前記伝送電力を調整しながら、前記電力変換装置の電流のピーク値の上昇を抑制する、請求項 4 に記載の電力変換装置。

【請求項 6】

前記 D C D C コンバータに含まれる素子と、前記 1 次側回路及び前記 2 次側回路に含まれる素子とは、共用化される、請求項 4 又は 5 に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換装置及び電力変換方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、1 次側ポートを含む 1 次側変換回路と、2 次側ポートを含み、1 次側変換回路と

10

20

30

40

50

変圧器で磁気結合する 2 次側変換回路との間で伝送される伝送電力を、位相差 に応じて調整する電力変換装置が知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011 - 193713 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の電力変換装置において、1 次側ポートの電圧と 2 次側ポートの電圧との電圧比は、一定（基準値）であることが前提とされる。

10

【0005】

しかしながら、2 次側ポートに、例えば、ハイブリッド車の高圧バッテリー等が接続されると、2 次側ポートの電圧は大きく変動する（ $\pm 50V$ 以上）。電圧比が基準値から乖離することにより、伝送電力は低下してしまう。

【0006】

そこで、伝送電力の低下を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、一態様によれば、

20

1 次側回路に備えられる 1 次側ポートと、前記 1 次側回路と変圧器で磁気結合する 2 次側回路に構成される 2 次側ポートと、前記 2 次側ポートと接続される D C D C コンバータと、を備える電源装置の電力変換方法であって、

前記変圧器によって前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧との電圧比を 1 : N の巻き数比で変圧させ、前記 1 次側回路のスイッチングと前記 2 次側回路のスイッチングとの位相差を変更して、前記 1 次側回路と前記 2 次側回路との間で伝送される伝送電力を調整するステップと、

前記伝送電力を伝送している期間中、前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧との電圧比を監視する監視ステップと、

前記電圧比が、前記変圧器の巻き数比 1 : N と等しく、前記 1 次側ポートの電圧と前記 2 次側ポートの電圧とが均衡する値である基準値から所定値以上乖離しているか否かを判定する判定ステップと、

30

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離していないときに、前記 D C D C コンバータを作動させない不作動ステップと、

前記伝送電力を伝送している期間で、前記電圧比が前記基準値から前記所定値以上乖離しているときに、前記 D C D C コンバータを作動させて、前記 2 次側ポートの電圧を所定範囲内の値に保持させることで、前記電圧比を前記基準値に近づける作動ステップと、
を有する、電力変換方法が提供される。

【発明の効果】

【0008】

一態様によれば、伝送電力の低下を抑制することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】電力変換装置の実施形態である電源装置の構成例を示したブロック図

【図 2】制御部の構成例を示したブロック図

【図 3】1 次側回路及び 2 次側回路のスイッチング例を示したタイミングチャート

【図 4】制御部の構成例を示したブロック図

【図 5】伝送電力 P と電圧比 M との関係を示したグラフ

【図 6】伝送電力 P と電圧比 M との関係を示したグラフ

【図 7】電力変換方法の一例を示したフローチャート

50

【発明を実施するための形態】

【0010】

<電源装置101の構成>

図1は、電力変換装置の実施形態である電源装置101の構成例を示したブロック図である。電源装置101は、例えば、電源回路10と、制御部50と、センサ部70と、昇降圧DCDCコンバータ80とを備えた電源システムである。電源装置101は、例えば、自動車等の車両に搭載され、車載の各負荷に配電するシステムである。このような車両の具体例として、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車などが挙げられる。

【0011】

電源装置101は、例えば、1次側高電圧系負荷（例えば、電動パワーステアリング装置（EPS）、等）61aが接続される第1入出力ポート60aと、1次側低電圧系負荷（例えば、電子制御装置（ECU）、電子制御ブレーキシステム（ECB）、等）61c及び1次側低電圧系電源（例えば、補機バッテリー、等）62cが接続される第2入出力ポート60cとを、1次側ポートとして有している。1次側低電圧系電源62cは、1次側低電圧系電源62cと同じ電圧系（例えば、12V系）で動作する1次側低電圧系負荷61cに電力を供給する。また、1次側低電圧系電源62cは、1次側低電圧系電源62cと異なる電圧系（例えば、12V系よりも高い48V系）で動作する1次側高電圧系負荷61aに、電源回路10に構成される1次側変換回路20によって昇圧された電力を供給する。1次側低電圧系電源62cの具体例として、鉛バッテリー等の二次電池が挙げられる。

【0012】

電源装置101は、例えば、昇降圧DCDCコンバータ80、2次側高電圧系負荷61b及び2次側高電圧系電源（例えば、主機バッテリー、等）62bが接続される第3入出力ポート60bと、2次側低電圧系負荷61dが接続される第4入出力ポート60dとを、2次側ポートとして有している。2次側高電圧系電源62bは、2次側高電圧系電源62bと同じ電圧系（例えば、12V系及び48V系よりも高い288V系）で動作する2次側高電圧系負荷61bに電力を供給する。また、2次側高電圧系電源62bは、2次側高電圧系電源62bと異なる電圧系（例えば、288V系よりも低い72V系）で動作する2次側低電圧系負荷61dに、電源回路10に構成される2次側変換回路30によって降圧された電力を供給する。2次側高電圧系電源62bの具体例として、リチウムイオン電池等の二次電池が挙げられる。

【0013】

電源回路10は、上述の4つの入出力ポートを有し、それらの4つの入出力ポートのうちから任意の2つの入出力ポートが選択され、当該2つの入出力ポートの間で電力変換を行う機能を有する電力変換回路である。なお、電源回路10を備えた電源装置101は、少なくとも3つ以上の複数の入出力ポートを有し、少なくとも3つ以上の複数の入出力ポートのうちどの2つの入出力ポート間でも電力を変換することが可能な装置でもよい。例えば、電源回路10は、第4入出力ポート60dが無い3つの入出力ポートを有する回路でもよい。

【0014】

ポート電力 P_a 、 P_c 、 P_b 、 P_d は、それぞれ、第1入出力ポート60a、第2入出力ポート60c、第3入出力ポート60b、第4入出力ポート60dにおける入出力電力（入力電力又は出力電力）である。ポート電圧 V_a 、 V_c 、 V_b 、 V_d は、それぞれ、第1入出力ポート60a、第2入出力ポート60c、第3入出力ポート60b、第4入出力ポート60dにおける入出力電圧（入力電圧又は出力電圧）である。ポート電流 I_a 、 I_c 、 I_b 、 I_d は、それぞれ、第1入出力ポート60a、第2入出力ポート60c、第3入出力ポート60b、第4入出力ポート60dにおける入出力電流（入力電流又は出力電流）である。

【0015】

10

20

30

40

50

電源回路10は、第1入出力ポート60aに設けられるキャパシタC1と、第2入出力ポート60cに設けられるキャパシタC3と、第3入出力ポート60bに設けられるキャパシタC2と、第4入出力ポート60dに設けられるキャパシタC4とを備えている。キャパシタC1、C2、C3、C4の具体例として、フィルムコンデンサ、アルミニウム電解コンデンサ、セラミックコンデンサ、固体高分子コンデンサなどが挙げられる。

【0016】

キャパシタC1は、第1入出力ポート60aの高電位側の端子613と、第1入出力ポート60a及び第2入出力ポート60cの低電位側の端子614との間に挿入される。キャパシタC3は、第2入出力ポート60cの高電位側の端子616と、第1入出力ポート60a及び第2入出力ポート60cの低電位側の端子614との間に挿入される。キャパシタC2は、第3入出力ポート60bの高電位側の端子618と、第3入出力ポート60b及び第4入出力ポート60dの低電位側の端子620との間に挿入される。キャパシタC4は、第4入出力ポート60dの高電位側の端子622と、第3入出力ポート60b及び第4入出力ポート60dの低電位側の端子620との間に挿入される。

10

【0017】

キャパシタC1、C2、C3、C4は、電源回路10の内部に設けられてもよいし、電源回路10の外部に設けられてもよい。

【0018】

電源回路10は、1次側変換回路20と、2次側変換回路30とを含んで構成された電力変換回路である。なお、1次側変換回路20と2次側変換回路30とは、1次側磁気結合リアクトル204及び2次側磁気結合リアクトル304を介して接続され、且つ、変圧器400（センタータップ式変圧器）で磁気結合されている。第1入出力ポート60a及び第2入出力ポート60cから構成される1次側ポートと、第3入出力ポート60b及び第4入出力ポート60dから構成される2次側ポートとは、変圧器400を介して接続されている。

20

【0019】

1次側変換回路20は、1次側フルブリッジ回路200と、第1入出力ポート60aと、第2入出力ポート60cとを含んで構成された1次側回路である。1次側フルブリッジ回路200は、変圧器400の1次側コイル202と、1次側磁気結合リアクトル204と、1次側第1上アームU1と、1次側第1下アーム/U1と、1次側第2上アームV1と、1次側第2下アーム/V1とを含んで構成された1次側電力変換部である。ここで、1次側第1上アームU1と、1次側第1下アーム/U1と、1次側第2上アームV1と、1次側第2下アーム/V1は、それぞれ、例えば、Nチャンネル型のMOSFETと、当該MOSFETの寄生素子であるボディダイオードとを含んで構成されたスイッチング素子である。当該MOSFETに並列にダイオードが追加接続されてもよい。

30

【0020】

1次側フルブリッジ回路200は、第1入出力ポート60aの高電位側の端子613に接続される1次側正極母線298と、第1入出力ポート60a及び第2入出力ポート60cの低電位側の端子614に接続される1次側負極母線299とを有している。

【0021】

1次側正極母線298と1次側負極母線299との間には、1次側第1上アームU1と、1次側第1下アーム/U1とを直列接続した1次側第1アーム回路207が取り付けられている。1次側第1アーム回路207は、1次側第1上アームU1及び1次側第1下アーム/U1のオンオフのスイッチング動作による電力変換動作が可能な1次側第1電力変換回路部（1次側U相電力変換回路部）である。さらに、1次側正極母線298と1次側負極母線299との間には、1次側第2上アームV1と、1次側第2下アーム/V1とを直列接続した1次側第2アーム回路211が1次側第1アーム回路207と並列に取り付けられている。1次側第2アーム回路211は、1次側第2上アームV1及び1次側第2下アーム/V1のオンオフのスイッチング動作による電力変換動作が可能な1次側第2電力変換回路部（1次側V相電力変換回路部）である。

40

50

【 0 0 2 2 】

1次側第1アーム回路207の midpoint 207mと1次側第2アーム回路211の midpoint 211mを接続するブリッジ部分には、1次側コイル202と1次側磁気結合リアクトル204とが設けられている。ブリッジ部分についてより詳細に接続関係について説明すると、1次側第1アーム回路207の midpoint 207mには、1次側磁気結合リアクトル204の1次側第1リアクトル204aの一方端が接続される。そして、1次側第1リアクトル204aの他方端には、1次側コイル202の一方端が接続される。さらに、1次側コイル202の他方端には、1次側磁気結合リアクトル204の1次側第2リアクトル204bの一方端が接続される。それから、1次側第2リアクトル204bの他方端が1次側第2アーム回路211の midpoint 211mに接続される。なお、1次側磁気結合リアクトル204は、1次側第1リアクトル204aと、1次側第1リアクトル204aと結合係数 k_1 で磁気結合する1次側第2リアクトル204bとを含んで構成される。

10

【 0 0 2 3 】

midpoint 207mは、1次側第1上アームU1と1次側第1下アーム/U1との間の1次側第1中間ノードであり、midpoint 211mは、1次側第2上アームV1と1次側第2下アーム/V1との間の1次側第2中間ノードである。

【 0 0 2 4 】

第1入出力ポート60aは、1次側正極母線298と1次側負極母線299との間に設けられるポートである。第1入出力ポート60aは、端子613と端子614とを含んで構成される。第2入出力ポート60cは、1次側負極母線299と1次側コイル202のセンタータップ202mとの間に設けられるポートである。第2入出力ポート60cは、端子614と端子616とを含んで構成される。

20

【 0 0 2 5 】

第1入出力ポート60aのポート電圧 V_a 及び第2入出力ポート60cのポート電圧 V_c は、1次側低電圧系電源62cの電圧に依存して変動する。

【 0 0 2 6 】

センタータップ202mは、第2入出力ポート60cの高電位側の端子616に接続されている。センタータップ202mは、1次側コイル202に構成される1次側第1巻線202aと1次側第2巻線202bとの中間接続点である。

【 0 0 2 7 】

2次側変換回路30は、2次側フルブリッジ回路300と、第3入出力ポート60bと、第4入出力ポート60dとを含んで構成された2次側回路である。2次側フルブリッジ回路300は、変圧器400の2次側コイル302と、2次側磁気結合リアクトル304と、2次側第1上アームU2と、2次側第1下アーム/U2と、2次側第2上アームV2と、2次側第2下アーム/V2とを含んで構成された2次側電力変換部である。ここで、2次側第1上アームU2と、2次側第1下アーム/U2と、2次側第2上アームV2と、2次側第2下アーム/V2は、それぞれ、例えば、Nチャネル型のMOSFETと、当該MOSFETの寄生素子であるボディダイオードとを含んで構成されたスイッチング素子である。当該MOSFETに並列にダイオードが追加接続されてもよい。

30

【 0 0 2 8 】

2次側フルブリッジ回路300は、第3入出力ポート60bの高電位側の端子618に接続される2次側正極母線398と、第3入出力ポート60b及び第4入出力ポート60dの低電位側の端子620に接続される2次側負極母線399とを有している。

40

【 0 0 2 9 】

2次側正極母線398と2次側負極母線399の間には、2次側第1上アームU2と、2次側第1下アーム/U2とを直列接続した2次側第1アーム回路307が取り付けられている。2次側第1アーム回路307は、2次側第1上アームU2及び2次側第1下アーム/U2のオンオフのスイッチング動作による電力変換動作が可能な2次側第1電力変換回路部(2次側U相電力変換回路部)である。さらに、2次側正極母線398と2次側負極母線399の間には、2次側第2上アームV2と、2次側第2下アーム/V2とを

50

直列接続した2次側第2アーム回路311が2次側第1アーム回路307と並列に取り付けられている。2次側第2アーム回路311は、2次側第2上アームV2及び2次側第2下アーム/V2のオンオフのスイッチング動作による電力変換動作が可能な2次側第2電力変換回路部(2次側V相電力変換回路部)である。

【0030】

2次側第1アーム回路307の midpoint 307mと2次側第2アーム回路311の midpoint 311mを接続するブリッジ部分には、2次側コイル302と2次側磁気結合リアクトル304とが設けられている。ブリッジ部分についてより詳細に接続関係について説明すると、2次側第1アーム回路307の midpoint 307mには、2次側磁気結合リアクトル304の2次側第1リアクトル304aの一方端が接続される。そして、2次側第1リアクトル304aの他方端には、2次側コイル302の一方端が接続される。さらに、2次側コイル302の他方端には、2次側磁気結合リアクトル304の2次側第2リアクトル304bの一方端が接続される。それから、2次側第2リアクトル304bの他方端が2次側第2アーム回路311の midpoint 311mに接続される。なお、2次側磁気結合リアクトル304は、2次側第1リアクトル304aと、2次側第1リアクトル304aと結合係数 k_2 で磁気結合する2次側第2リアクトル304bとを含んで構成される。

10

【0031】

midpoint 307mは、2次側第1上アームU2と2次側第1下アーム/U2との間の2次側第1中間ノードであり、midpoint 311mは、2次側第2上アームV2と2次側第2下アーム/V2との間の2次側第2中間ノードである。

20

【0032】

第3入出力ポート60bは、2次側正極母線398と2次側負極母線399との間に設けられるポートである。第3入出力ポート60bは、端子618と端子620とを含んで構成される。第4入出力ポート60dは、2次側負極母線399と2次側コイル302のセンタータップ302mとの間に設けられるポートである。第4入出力ポート60dは、端子620と端子622とを含んで構成される。

【0033】

第3入出力ポート60bのポート電圧 V_b 及び第4入出力ポート60dのポート電圧 V_d は、2次側低電圧系電源62bの電圧に依存して変動する。

【0034】

センタータップ302mは、第4入出力ポート60dの高電位側の端子622に接続されている。センタータップ302mは、2次側コイル302に構成される2次側第1巻線302aと2次側第2巻線302bとの中間接続点である。

30

【0035】

図1において、電源装置101は、センサ部70を備えている。センサ部70は、第1乃至第4入出力ポート60a, 60c, 60b, 60dの少なくとも一つのポートにおける入出力値 Y を所定の検出周期で検出し、その検出した入出力値 Y に対応する検出値 Y_d を制御部50に対して出力する検出手段である。検出値 Y_d は、入出力電圧を検出して得られた検出電圧でもよいし、入出力電流を検出して得られた検出電流でもよいし、入出力電力を検出して得られた検出電力でもよい。センサ部70は、電源回路10の内部に備えられても外部に備えられてもよい。

40

【0036】

センサ部70は、例えば、第1乃至第4入出力ポート60a, 60c, 60b, 60dの少なくとも一つのポートに生ずる入出力電圧を検出する電圧検出部を有している。センサ部70は、例えば、入出力電圧 V_a と入出力電圧 V_c の少なくとも一方の検出電圧を1次側電圧検出値として出力する1次側電圧検出部と、入出力電圧 V_b と入出力電圧 V_d の少なくとも一方の検出電圧を2次側電圧検出値として出力する2次側電圧検出部とを有している。

【0037】

センサ部70の電圧検出部は、例えば、少なくとも一つのポートの入出力電圧値をモニ

50

タする電圧センサと、該電圧センサによってモニタされた入出力電圧値に対応する検出電圧を制御部50に対して出力する電圧検出回路とを有している。

【0038】

センサ部70は、例えば、第1乃至第4入出力ポート60a, 60c, 60b, 60dの少なくとも一つのポートに流れる入出力電流を検出する電流検出部を有している。センサ部70は、例えば、入出力電流Iaと入出力電流Icの少なくとも一方の検出電流を1次側電流検出値として出力する1次側電流検出部と、入出力電流Ibと入出力電流Idの少なくとも一方の検出電流を2次側電流検出値として出力する2次側電流検出部とを有している。

【0039】

センサ部70の電流検出部は、例えば、少なくとも一つのポートの入出力電流値をモニタする電流センサと、該電流センサによってモニタされた入出力電流値に対応する検出電流を制御部50に対して出力する電流検出回路とを有している。

【0040】

図1において、電源装置101は、昇降圧DCDCコンバータ80を備えている。

【0041】

昇降圧DCDCコンバータ80は、第1入出力ポート60aにおける入出力電圧(ポート電圧Va)と第3入出力ポート60bにおける入出力電圧(ポート電圧Vb)との電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離している場合に、作動する。又、昇降圧DCDCコンバータ80は、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離していない場合に、作動しない。即ち、昇降圧DCDCコンバータ80は、電圧比Mに基づいて、作動又は非作動する。

【0042】

なお、基準値とは、ポート電圧Vaとポート電圧Vbとが均衡し(ポート電圧Va:ポート電圧Vb=1:N(但し、Nは、変圧器400の巻き数比))、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間に所望の電力が伝送されている場合の、電圧比(=N)を指す。又、所定値とは、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間に伝送される電力を低下させずに、電圧比Mが基準値(=N)から乖離することが許される限界の値を指す。

【0043】

例えば、電圧比Mが、基準値±所定値を満たしていれば((基準値-所定値)<電圧比M<(基準値+所定値))、ポート電圧Vbは、所定範囲内の値を保持するため、伝送電力は低下しない。例えば、電圧比Mが、所定値以上乖離していれば(電圧比M(基準値-所定値)、又は、(基準値+所定値)電圧比M)、ポート電圧Vbは、所定範囲内の値を保持しないため、伝送電力は低下する。

【0044】

電源装置101は、制御部50を備えている。制御部50は、例えば、CPUを内蔵するマイクロコンピュータを備えた電子回路である。制御部50は、電源回路10の内部に備えられても外部に備えられてもよい。

【0045】

制御部50は、所定の制御パラメータXの値を変化させることによって、電源回路10で行われる電力変換動作をフィードバック制御し、電源回路10の第1乃至第4の各入出力ポート60a, 60c, 60b, 60dにおける入出力値Yを調整できる。主な制御パラメータXとして、位相差及びデューティ比D(オン時間)の2種類の制御変数が挙げられる。

【0046】

位相差は、1次側フルブリッジ回路200と2次側フルブリッジ回路300との間での同じ相の電力変換回路部間でのスイッチングタイミングのずれ(タイムラグ)である。デューティ比D(オン時間)は、1次側フルブリッジ回路200及び2次側フルブリッジ回路300に構成される各電力変換回路部でのスイッチング波形のデューティ比(オン時間)である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

これらの2つの制御パラメータXは、互いに独立に制御されることが可能である。制御部50は、位相差及びデューティ比D（オン時間）を用いた1次側フルブリッジ回路200及び2次側フルブリッジ回路300のデューティ比制御及び/又は位相制御によって、電源回路10の各入出力ポートにおける入出力値Yを変化させる。

【 0 0 4 8 】

制御部50は、第1乃至第4入出力ポート60a, 60c, 60b, 60dの少なくとも一つのポートにおける入出力値Yの検出値Ydが、該ポートに設定された目標値Yoに収束する値に、位相差又はデューティ比Dが変化するように、電源回路10による電力変換動作をフィードバック制御する。目標値Yoは、例えば、各入出力ポートに接続される負荷（例えば、1次側低電圧系負荷61c等）毎に規定される駆動条件に基づいて、制御部50又は制御部50以外の所定の装置によって設定される指令値である。目標値Yoは、電力がポートから出力されるときには出力目標値として機能し、電力がポートに入力されるときには入力目標値として機能し、目標電圧値でもよいし、目標電流値でもよいし、目標電力値でもよい。

10

【 0 0 4 9 】

また、制御部50は、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間で変圧器400を介して伝送される伝送電力Pが、設定された目標伝送電力に収束する値に、位相差が変化するように、電源回路10による電力変換動作をフィードバック制御する。伝送電力は、電力伝送量とも呼ばれる。目標伝送電力は、例えば、いずれかのポートにおける検出値Ydと目標値Yoとの偏差に基づいて、制御部50又は制御部50以外の所定の装置によって設定される指令値である。

20

【 0 0 5 0 】

制御部50は、ポート電圧Va、ポート電圧Vbを検出し、電圧比M（ポート電圧Vaとポート電圧Vbとの比）を監視して、昇降圧DCDCコンバータ80を作動又は非作動させ、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間で伝送される伝送電力を制御する。

【 0 0 5 1 】

例えば、電圧比Mが基準値から所定値以上乖離している場合、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータ80を作動させる。そして、制御部50は、ポート電圧Vbを変更し、所定範囲内の値に保持する。

30

【 0 0 5 2 】

これにより、電源装置101は、電圧比Mを略一定（許容範囲内の値：（基準値 - 所定値） < 電圧比M < （基準値 + 所定値））に保ち、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間で伝送される電力の低下を抑制することができる。なお、この許容範囲は、電源装置101毎に、任意に設定することが可能である。

【 0 0 5 3 】

図2は、制御部50のブロック図である。制御部50は、1次側変換回路20の1次側第1上アームU1等の各スイッチング素子と2次側変換回路30の2次側第1上アームU2等の各スイッチング素子のスイッチング制御を行う機能を有する制御部である。制御部50は、電力変換モード決定処理部502と、位相差決定処理部504と、オン時間決定処理部506と、1次側スイッチング処理部508と、2次側スイッチング処理部510等を含んで構成される。制御部50は、例えば、CPUを内蔵するマイクロコンピュータを備えた電子回路である。

40

【 0 0 5 4 】

電力変換モード決定処理部502は、例えば、所定の外部信号（例えば、いずれかのポートにおける検出値Ydと目標値Yoとの偏差を表す信号）に基づいて、次に述べる電源回路10の電力変換モードA～Lの中から動作モードを選択して決定する。電力変換モードは、第1入出力ポート60aから入力された電力を変換して第2入出力ポート60cへ出力するモードAと、第1入出力ポート60aから入力された電力を変換して第3入出力

50

ポート60bへ出力するモードBと、第1入出力ポート60aから入力された電力を変換して第4入出力ポート60dへ出力するモードCがある。

【0055】

そして、第2入出力ポート60cから入力された電力を変換して第1入出力ポート60aへ出力するモードDと、第2入出力ポート60cから入力された電力を変換して第3入出力ポート60bへ出力するモードEと、第2入出力ポート60cから入力された電力を変換して第4入出力ポート60dへ出力するモードFがある。

【0056】

さらに、第3入出力ポート60bから入力された電力を変換して第1入出力ポート60aへ出力するモードGと、第3入出力ポート60bから入力された電力を変換して第2入出力ポート60cへ出力するモードHと、第3入出力ポート60bから入力された電力を変換して第4入出力ポート60dへ出力するモードIがある。

【0057】

それから、第4入出力ポート60dから入力された電力を変換して第1入出力ポート60aへ出力するモードJと、第4入出力ポート60dから入力された電力を変換して第2入出力ポート60cへ出力するモードKと、第4入出力ポート60dから入力された電力を変換して第3入出力ポート60bへ出力するモードLがある。

【0058】

位相差 決定処理部504は、電源回路10をDC-DCコンバータ回路として機能させるために、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間でのスイッチング素子のスイッチング周期運動の位相差 を設定する機能を有する。

【0059】

オン時間 決定処理部506は、1次側変換回路20と2次側変換回路30をそれぞれ昇降圧回路として機能させるために、1次側変換回路20と2次側変換回路30のスイッチング素子のオン時間 を設定する機能を有する。

【0060】

1次側スイッチング処理部508は、電力変換モード決定処理部502と位相差 決定処理部504とオン時間 決定処理部506の出力に基づいて、1次側第1上アームU1と、1次側第1下アーム/U1と、1次側第2上アームV1と、1次側第2下アーム/V1の各スイッチング素子をスイッチング制御する機能を有する。

【0061】

2次側スイッチング処理部510は、電力変換モード決定処理部502と位相差 決定処理部504とオン時間 決定処理部506の出力に基づいて、2次側第1上アームU2と、2次側第1下アーム/U2と、2次側第2上アームV2と、2次側第2下アーム/V2の各スイッチング素子をスイッチング制御する機能を有する。

【0062】

制御部50は、図2に示す処理に限定されず、1次側変換回路20と2次側変換回路30との間で伝送される伝送電力を制御するために必要とされる様々な処理を行うことが可能である。

【0063】

<電源装置101の動作>

上記電源装置101の動作について、図1及び図2を用いて説明する。例えば、電源回路10の電力変換モードをモードFとして動作させることを要求する外部信号が入力されてきた場合には、制御部50の電力変換モード決定処理部502は、電源回路10の電力変換モードをモードFとして決定する。このとき、第2入出力ポート60cに入力された電圧が1次側変換回路20の昇圧機能によって昇圧され、その昇圧された電圧の電力が電源回路10のDC-DCコンバータ回路としての機能によって第3入出力ポート60b側へと伝送され、さらに、2次側変換回路30の降圧機能によって降圧されて第4入出力ポート60dから出力される。

【0064】

10

20

30

40

50

ここで、1次側変換回路20の昇降圧機能について詳細に説明する。第2入出力ポート60cと第1入出力ポート60aについて着目すると、第2入出力ポート60cの端子616は、1次側第1巻線202aと、1次側第1巻線202aに直列接続される1次側第1リアクトル204aを介して、1次側第1アーム回路207の midpoint 207mに接続される。そして、1次側第1アーム回路207の両端は、第1入出力ポート60aに接続されているため、第2入出力ポート60cの端子616と第1入出力ポート60aとの間には昇降圧回路が取り付けられていることとなる。

【0065】

さらに、第2入出力ポート60cの端子616は、1次側第2巻線202bと、1次側第2巻線202bに直列接続される1次側第2リアクトル204bを介して、1次側第2アーム回路211の midpoint 211mに接続される。そして、1次側第2アーム回路211の両端は、第1入出力ポート60aに接続されているため、第2入出力ポート60cの端子616と第1入出力ポート60aとの間には、昇降圧回路が並列に取り付けられていることとなる。なお、2次側変換回路30は、1次側変換回路20とほぼ同様の構成を有する回路であるため、第4入出力ポート60dの端子622と第3入出力ポート60bとの間には、2つの昇降圧回路が並列に接続されていることとなる。したがって、2次側変換回路30は、1次側変換回路20と同様に昇降圧機能を有する。

【0066】

次に、電源回路10のDC-DCコンバータ回路としての機能について詳細に説明する。第1入出力ポート60aと第3入出力ポート60bについて着目すると、第1入出力ポート60aには、1次側フルブリッジ回路200が接続され、第3入出力ポート60bは、2次側フルブリッジ回路300が接続されている。そして、1次側フルブリッジ回路200のブリッジ部分に設けられる1次側コイル202と、2次側フルブリッジ回路300のブリッジ部分に設けられる2次側コイル302とが結合係数 k_T で磁気結合することで、変圧器400が巻き数1:Nのセンタータップ式変圧器として機能する。したがって、1次側フルブリッジ回路200と2次側フルブリッジ回路300でのスイッチング素子のスイッチング周期運動の位相差を調整することで、第1入出力ポート60aに入力された電力を変換して第3入出力ポート60bに伝送させ、あるいは、第3入出力ポート60bに入力された電力を変換して第1入出力ポート60aに伝送させることができる。

【0067】

図3は、制御部50の制御によって、電源回路10に構成される各アームのオンオフのスイッチング波形のタイミングチャートを示す図である。図3において、U1は、1次側第1上アームU1のオンオフ波形であり、V1は、1次側第2上アームV1のオンオフ波形であり、U2は、2次側第1上アームU2のオンオフ波形であり、V2は、2次側第2上アームV2のオンオフ波形である。1次側第1下アーム/U1、1次側第2下アーム/V1、2次側第1下アーム/U2、2次側第2下アーム/V2のオンオフ波形は、それぞれ、1次側第1上アームU1、1次側第2上アームV1、2次側第1上アームU2、2次側第2上アームV2のオンオフ波形を反転した波形である(図示省略)。なお、上下アームの両オンオフ波形間には、上下アームの両方がオンすることで貫通電流が流れないようにデッドタイムが設けられているとよい。また、図3において、ハイレベルがオン状態を表し、ローレベルがオフ状態を表している。

【0068】

ここで、U1とV1とU2とV2の各オン時間を変更することで、1次側変換回路20と2次側変換回路30の昇降圧比を変更することができる。例えば、U1とV1とU2とV2の各オン時間を互いに等しくすることで、1次側変換回路20の昇降圧比と2次側変換回路30の昇降圧比を等しくできる。

【0069】

オン時間決定処理部506は、1次側変換回路20と2次側変換回路30の昇降圧比が互いに等しくなるように、U1とV1とU2とV2の各オン時間を互いに等しくする(各オン時間 = 1次側オン時間₁₁ = 2次側オン時間₁₂ = 時間値)。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

1次側変換回路20の昇降圧比は、1次側フルブリッジ回路200に構成されるスイッチング素子（アーム）のスイッチング周期Tに占めるオン時間 t_{on1} の割合であるデューティ比Dによって決まる。同様に、2次側変換回路30の昇降圧比は、2次側フルブリッジ回路300に構成されるスイッチング素子（アーム）のスイッチング周期Tに占めるオン時間 t_{on2} の割合であるデューティ比Dによって決まる。1次側変換回路20の昇降圧比は、第1入出力ポート60aと第2入出力ポート60cとの間の変圧比であり、2次側変換回路30の昇降圧比は、第3入出力ポート60bと第4入出力ポート60dとの間の変圧比である。

【 0 0 7 1 】

したがって、例えば、

1次側変換回路20の昇降圧比

$$= \text{第2入出力ポート60cの電圧} / \text{第1入出力ポート60aの電圧}$$

$$= t_{on1} / T = D_1 / T$$

2次側変換回路30の昇降圧比

$$= \text{第4入出力ポート60dの電圧} / \text{第3入出力ポート60bの電圧}$$

$$= t_{on2} / T = D_2 / T$$

と表される。つまり、1次側変換回路20と2次側変換回路30の昇降圧比は互いに同じ値（ $D_1 = D_2$ ）である。

【 0 0 7 2 】

なお、図3のオン時間 t_{on1} は、1次側第1上アームU1及び1次側第2上アームV1のオン時間 t_{on11} を表すとともに、2次側第1上アームU2及び2次側第2上アームV2のオン時間 t_{on12} を表す。また、1次側フルブリッジ回路200に構成されるアームのスイッチング周期Tと2次側フルブリッジ回路300に構成されるアームのスイッチング周期Tは等しい時間である。

【 0 0 7 3 】

また、U1とV1との位相差は、180度（ π ）で動作させ、U2とV2との位相差も180度（ π ）で動作させる。さらに、U1とU2の位相差 θ を変更することで、1次側変換回路20と2次側変換回路30の間の電力伝送量Pを調整することができ、位相差 $\theta > 0$ であれば、1次側変換回路20から2次側変換回路30に伝送し、位相差 $\theta < 0$ であれば、2次側変換回路30から1次側変換回路20に伝送することができる。

【 0 0 7 4 】

位相差 θ は、1次側フルブリッジ回路200と2次側フルブリッジ回路300との間で同じ相の電力変換回路部間でのスイッチングタイミングのずれ（タイムラグ）である。例えば、位相差 θ は、1次側第1アーム回路207と2次側第1アーム回路307との間でのスイッチングタイミングのずれであり、1次側第2アーム回路211と2次側第2アーム回路311との間でのスイッチングタイミングのずれである。それらのずれは互いに等しいまま制御される。つまり、U1とU2の位相差 θ 及びV1とV2の位相差 θ は、同じ値に制御される。

【 0 0 7 5 】

したがって、例えば、電源回路10の電力変換モードをモードFとして動作させることを要求する外部信号が入力されてきた場合に、電力変換モード決定処理部502はモードFを選択することを決定する。そして、オン時間決定処理部506は、1次側変換回路20を第2入出力ポート60cに入力された電圧を昇圧して第1入出力ポート60aに出力する昇圧回路として機能させる場合の昇圧比を規定するオン時間 t_{on1} を設定する。なお、2次側変換回路30では、オン時間決定処理部506によって設定されたオン時間 t_{on2} によって規定された降圧比で第3入出力ポート60bに入力された電圧を降圧して第4入出力ポート60dに出力する降圧回路として機能する。さらに、位相差決定処理部504は、第1入出力ポート60aに入力された電力を所望の電力伝送量Pで第3入出力ポート60bに伝送するための位相差 θ を設定する。

10

20

30

40

50

【0076】

1次側スイッチング処理部508は、1次側変換回路20を昇圧回路として、かつ、1次側変換回路20をDC-DCコンバータ回路の一部として機能させるように、1次側第1上アームU1と、1次側第1下アーム/U1と、1次側第2上アームV1と、1次側第2下アーム/V1の各スイッチング素子をスイッチング制御する。

【0077】

2次側スイッチング処理部510は、2次側変換回路30を降圧回路として、かつ、2次側変換回路30をDC-DCコンバータ回路の一部として機能させるように、2次側第1上アームU2と、2次側第1下アーム/U2と、2次側第2上アームV2と、2次側第2下アーム/V2の各スイッチング素子をスイッチング制御する。

10

【0078】

上記のように、1次側変換回路20および2次側変換回路30を昇圧回路あるいは降圧回路として機能させることができ、かつ、電源回路10を双方向DC-DCコンバータ回路としても機能させることができる。したがって、電力変換モードA~Lの全てのモードの電力変換を行うことができ、換言すれば、4つの入出力ポートのうちから選択された2つの入出力ポート間で電力変換をすることができる。

【0079】

制御部50により位相差、等価インダクタンスL、等に応じて調整される伝送電力P(電力伝送量Pともいう)は、1次側変換回路20と2次側変換回路30において一方の変換回路から他方の変換回路に変圧器400を介して送られる電力であり、

20

$$P = (N \times V_a \times V_b) / (\pi \times L) \times F(D, \theta) \dots \text{式1}$$

で表される。

【0080】

なお、Nは、変圧器400の巻き数比、Vaは、第1入出力ポート60aの入出力電圧(1次側変換回路20の1次側正極母線298と1次側正極母線299との間の電圧)、Vbは、第3入出力ポート60bの入出力電圧(2次側変換回路30の1次側正極母線398と1次側正極母線399との間の電圧)である。πは、円周率、ω(=2π×f=2π/T)は、1次側変換回路20及び2次側変換回路30のスイッチングの角周波数である。fは、1次側変換回路20及び2次側変換回路30のスイッチング周波数、Tは、1次側変換回路20及び2次側変換回路30のスイッチング周期、Lは、磁気結合リアクトル204、304と変圧器400の電力伝送に関わる等価インダクタンスである。F(D, θ)は、デューティ比Dと位相差θを変数とする関数であり、デューティ比Dに依存せずに、位相差θが増加するにつれて単調増加する変数である。デューティ比D及び位相差θは、所定の上下限值に挟まれた範囲内で変化するように設計された制御パラメータである。

30

【0081】

等価インダクタンスLは、1次側磁気結合リアクトル204及び/又は2次側磁気結合リアクトル304が接続された変圧器400の簡易等価回路上で定義できる。等価インダクタンスLは、簡易等価回路において、1次側磁気結合リアクトル204の漏れインダクタンス及び/又は2次側磁気結合リアクトルの漏れインダクタンスと、変圧器400の漏れインダクタンスとを合成した合成インダクタンスである。

40

【0082】

例えば、2次側変換回路30側から測定される等価インダクタンスL(2次側換算値LEQ2)は、

$$L_{EQ2} = 2L_1(1 - k_1)N^2 + 2L_2(1 - k_2) + L_{T2}(1 - k_T) \dots \text{式2}$$

・・・式2

と表すことができる。

【0083】

50

L_1 は、1次側磁気結合リアクトル204の自己インダクタンス、 k_1 は、1次側磁気結合リアクトル204の結合係数、 N は、変圧器400の巻き数比、 L_2 は、2次側磁気結合リアクトル304の自己インダクタンス、 k_2 は、2次側磁気結合リアクトル304の結合係数、 L_{T2} は、変圧器400の2次側の励磁インダクタンス、 k_T は、変圧器400の結合係数である。なお、第2入出力ポート60c又は第4入出力ポート60dを使用しない場合、式2において、第1項又は第2項で表される漏れインダクタンスが無い場合もありうる。

【0084】

又、制御部50は、1次側ポートと2次側ポートのうち少なくとも一つの所定のポートにおけるポート電圧 V_p が目標ポート電圧 V_o に収束するように、位相差 θ を変更することによって、伝送電力 P を調整する。したがって、当該所定のポートに接続される負荷の消費電流が増えても、制御部50は、位相差 θ を変化させることにより伝送電力 P を調整することによって、ポート電圧 V_p が目標ポート電圧 V_o に対して落ち込むことを防止できる。

10

【0085】

例えば、制御部50は、1次側ポートと2次側ポートのうち伝送電力 P の伝送先である片方のポートにおけるポート電圧 V_p が目標ポート電圧 V_o に収束するように、位相差 θ を変更することによって、伝送電力 P を調整する。したがって、伝送電力 P の伝送先のポートに接続される負荷の消費電流が増えても、制御部50は、位相差 θ を上昇変化させることにより伝送電力 P を増加方向に調整することによって、ポート電圧 V_p が目標ポート電圧 V_o に対して落ち込むことを防止できる。

20

【0086】

図4は、PID算出値を算出する制御部50の構成例を示したブロック図である。制御部50は、PID制御部51、等を有している。PID算出値は、例えば、位相差 θ の指令値 θ_o 、デューティ比 D の指令値 D_o である。

【0087】

PID制御部51は、PID制御によって、1次側ポートと2次側ポートの少なくとも一つのポートのポート電圧を目標電圧に収束させるための位相差 θ の指令値 θ_o を、スイッチング周期 T 毎に生成する位相差指令値生成部を有する。例えば、PID制御部51の位相差指令値生成部は、ポート電圧 V_a の目標電圧とセンサ部70によって取得されたポート電圧 V_a の検出電圧との偏差に基づいてPID制御を行うことによって、当該偏差を零に収束させるための指令値 θ_o をスイッチング周期 T 毎に生成する。

30

【0088】

制御部50は、PID制御部51によって生成された指令値 θ_o に従って、1次側変換回路20及び2次側変換回路30のスイッチング制御を行うことによって、ポート電圧が目標電圧に収束するように、式1によって定められる伝送電力 P を調整する。

【0089】

また、PID制御部51は、PID制御によって、1次側ポートと2次側ポートの少なくとも一つのポートのポート電圧を目標電圧に収束させるためのデューティ比 D の指令値 D_o を、スイッチング周期 T 毎に生成するデューティ比指令値生成部を有する。例えば、PID制御部51のデューティ比指令値生成部は、ポート電圧 V_c の目標電圧とセンサ部70によって取得されたポート電圧 V_c の検出電圧との偏差に基づいてPID制御を行うことによって、当該偏差を零に収束させるための指令値 D_o をスイッチング周期 T 毎に生成する。

40

【0090】

なお、PID制御部51は、デューティ比 D の指令値 D_o に代えて、オン時間 t_{on} の指令値 $t_{on,o}$ を生成するオン時間指令値生成部を有してもよい。

【0091】

PID制御部51は、積分ゲイン I_1 、微分ゲイン D_1 、比例ゲイン P_1 に基づいて、位相差 θ の指令値 θ_o を調整し、積分ゲイン I_2 、微分ゲイン D_2 、比例ゲイン P_2 に基

50

づいて、デューティ比 D の指令値 D_0 を調整する。

【0092】

なお、ポート電圧 V_a 、ポート電圧 V_c 、デューティ比 D の間には、ポート電圧 $V_a \times$ デューティ比 $D =$ ポート電圧 V_c という関係が成立する。従って、一定のポート電圧 V_a (例えば、10V) を降圧して、ポート電圧 V_c を増やしたい場合 (例えば、1Vから5V) は、デューティ比 D を増加させれば良い (例えば、10%から50%)。逆に、一定のポート電圧 V_c (例えば、5V) を昇圧して、ポート電圧 V_a を増やしたい場合 (例えば、10Vから50V) は、デューティ比 D を減少させれば良い (例えば、50%から10%)。つまり、PID制御部51は、制御対象 (第1入出力ポート60a又は第2入出力ポート60c) を切り替えることによって、デューティ比 D の制御方向 (デューティ比 D を増減させる方向) を、昇圧動作する場合と、降圧動作する場合とで、逆にする。

10

【0093】

< 伝送電力と電圧比 M との関係 >

ここで、図5及び図6を用いて、伝送電力 P と電圧比 M との関係について説明する。

【0094】

図5(A)及び図6(A)は、電圧比 M が正常である場合を示しており、図5(B)及び図6(B)は、電圧比 M がずれた場合を示している。横軸は時間 T 、縦軸は電流 I である。面積は、伝送電力 P に相当する。

【0095】

電圧比 M が正常である場合、グラフの上辺は水平となり (図5(A)、図6(A)参照)、電圧比 M がずれた場合、グラフの上辺は斜めとなる (図5(B)、図6(B)参照)。

20

【0096】

図5より、電流 I のピーク値 I_1 は等しく、電圧比 M が正常である場合の伝送電力 P は、電圧比 M がずれた場合の伝送電力 P と比較して大きいことがわかる (図5(A)のグラフの面積 > 図5(B)のグラフの面積)。つまり、電圧比 M がずれることで、伝送電力 P が低下してしまうことがわかる。

【0097】

一方、図6より、伝送電力 P は等しく (面積は等しく)、電圧比 M が正常である場合の電流 I のピーク値 I_1 は、電圧比 M がずれた場合の電流 I のピーク値 I_2 と比較して小さいことがわかる (図6(A)のピーク値 $I_1 <$ 図6(B)のピーク値 I_2)。つまり、電圧比 M がずれることで、伝送電力 P が等しくても、電流 I のピーク値が上昇してしまうことがわかる。

30

【0098】

図5及び図6より、電圧比 M が正常である場合 (電圧比 M が基準値から所定値以上乖離していない場合) は、電圧比 M がずれた場合 (電圧比 M が基準値から所定値以上乖離している場合) と比較して、伝送電力の低下、又はピーク電流値の上昇を生じ易いことがわかる。

【0099】

伝送電力が低下すると、低下した伝送電力 P を補うために、過剰な体格での素子設計を行わなければならない、電源装置101のコストアップを招く。又、ピーク電流値が上昇すると、変圧器400、1次側磁気結合リアクトル204、2次側磁気結合リアクトル304、各アーム、等に流れる電流が増加するため、素子の定格アップ及び大型化が必要となり、電源装置101のコストアップを招く。従って、電源装置101において高精度な電力伝送を行うためには、電圧比 M が基準値から所定値以上乖離しないように、ポート電圧 V_b を所定範囲内の値に保持することが、重要である。

40

【0100】

本実施の形態に係る電源装置101によれば、第3入出力ポート60bと接続される昇降圧DCDCコンバータ80を、制御部50により適切なタイミングで (必要に応じて) 作動させる。これにより、2次側高電圧系電源側の電圧が大きく変動しても、電圧比を略

50

一定に保つことができるため、伝送電力の低下、ピーク電流値の上昇を抑制し、電源装置 101 の低コスト化を図ることができる。

【0101】

又、第3入出力ポート60bと接続される昇降圧DCDCコンバータ80に使用される部品（例えば、コイル部品等）は、1次側変換回路20及び2次側変換回路30に使用される部品（例えば、フィルタL等）と共用化される。これにより、新規部品追加という手間やコストを抑えることができる。更に、高電圧系電源側（第3入出力ポート60b側）に、昇降圧DCDCコンバータを挿入することにより、比較的、電流を低くできる。これにより、昇降圧DCDCコンバータ自体の素子定格を小さく抑えることが可能であるため、コストアップを最小限に留められる。

10

【0102】

<電源装置101の動作のフローチャート>

図7は、電力変換方法の一例を示したフローチャートである。図7の電力変換方法は、制御部50によって実行される。

【0103】

ステップS310において、制御部50は、電圧比M（ポート電圧Vaとポート電圧Vbとの比）を監視する。

【0104】

例えば、ポート電圧Va：ポート電圧Vb = 50V：300V = 1：6（電圧比Mの基準値 = 6）、所定値が±2（乖離率が±33%）、である場合について考える。

20

【0105】

ポート電圧Vbが300Vから240Vへと変化すると、ポート電圧Va：ポート電圧Vb = 50V：240V = 1：4.8となるため、電圧比Mは、4.8となる。電圧比Mは、基準値（=6）から、1.2（=6 - 4.8）変化しているため、所定値（=±2）以上乖離していない（乖離率は、 $(1.2 / 6) \times 100 = 20\%$ ）。従って、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータ80を作動させる必要がない。

【0106】

ポート電圧Vbが300Vから420Vへと変化すると、ポート電圧Va：ポート電圧Vb = 50V：420V = 1：8.4となるため、電圧比M = 8.4となる。電圧比Mは、基準値（=6）から、-2.4（=6 - 8.4）変化しているため、所定値（=±2）以上乖離している（乖離率は、 $(2.4 / 6) \times 100 = 40\%$ ）。従って、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータ80を作動させる必要がある。

30

【0107】

このように、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータ80を作動させる必要があるか否かを判定するために、ポート電圧Vaの検出電圧及びポート電圧Vbの検出電圧に基づいて、電圧比Mを監視する。

【0108】

ステップS320において、制御部50は、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離しているか否か（ポート電圧Vbが、所定範囲を超えて変動しているか否か）を判定する。電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離している場合（YES）、制御部50は、ステップS330の処理を行う。電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離していない場合（NO）、制御部50は、ステップS340の処理を行う。

40

【0109】

ステップS320における判定により、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータ80を作動させる必要があるか否かを判定することができる。

【0110】

ステップS330において、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータを作動させ、再び、ステップS320へ戻る。制御部50は、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離しなくなるまで、ステップS320及びステップS330を繰り返す。

【0111】

50

ステップS340において、制御部50は、昇降圧DCDCコンバータを作動させず、再び、ステップS310へ戻る。

【0112】

上述の様に、制御部50は、ステップS310での制御により、電圧比Mを監視し、ステップS320での制御により、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離しているか否かを判定する。そして、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離している場合には、ステップS330での制御により、昇降圧DCDCコンバータを作動させ、電圧比Mが、基準値から所定値以上乖離していない場合には、ステップS340での制御により、昇降圧DCDCコンバータを作動させない。即ち、制御部50は、2次側ポートの電圧が大きく変動した場合に、昇降圧DCDCコンバータを作動させて、1次側ポートの電圧と2次側ポ

10

【0113】

以上、電力変換装置及び電力変換方法を実施形態例により説明したが、本発明は上記実施形態例に限定されるものではない。他の実施形態例の一部又は全部との組み合わせや置換などの種々の変形及び改良が、本発明の範囲内で可能である。

【0114】

例えば、上述の実施形態では、スイッチング素子の一例として、オンオフ動作する半導体素子であるMOSFETを挙げた。しかしながら、スイッチング素子は、例えば、IGBT、MOSFETなどの絶縁ゲートによる電圧制御型パワー素子でもよいし、バイポーラトランジスタでもよい。

20

【0115】

また、第1入出力ポート60a、第4入出力ポート60dに電源が接続されてもよい。

【0116】

また、2次側を1次側と定義し、1次側を2次側と定義してもよい。

【0117】

また、本発明は、少なくとも3つ以上の複数の入出力ポートを有し、少なくとも3つ以上の複数の入出力ポートのうちどの2つの入出力ポート間でも電力を変換することが可能な電力変換装置に適用できる。例えば、本発明は、図1に例示された4つの入出力ポートのうちいずれか一つの入出力ポートが無い構成を有する電源装置に対しても適用できる。

30

【符号の説明】

【0118】

20 1次側変換回路

30 2次側変換回路

50 制御部

60a 第1入出力ポート

60b 第3入出力ポート

60c 第2入出力ポート

60d 第4入出力ポート

62b 2次側高電圧系電源

62c 1次側低電圧系電源

80 昇降圧DCDCコンバータ(DCDCコンバータ)

101 電源装置(電力変換装置の一例)

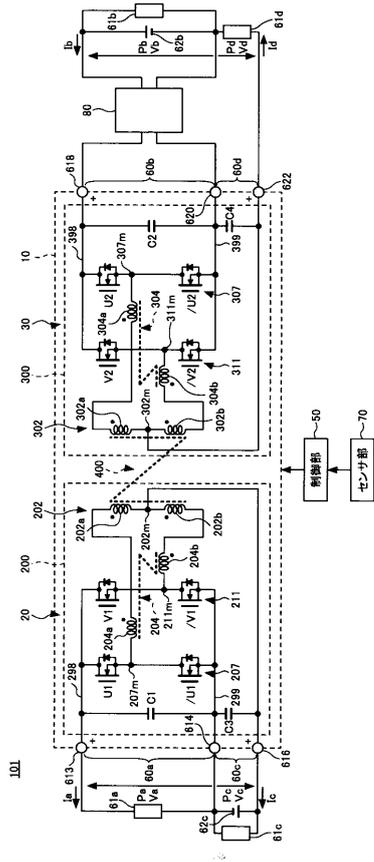
400 変圧器

U*, V* 上アーム

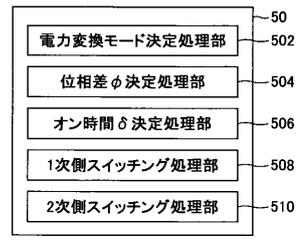
/U*, /V* 下アーム

40

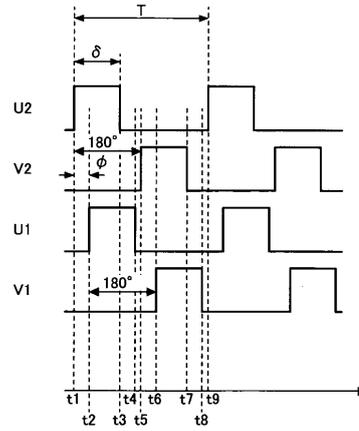
【図1】



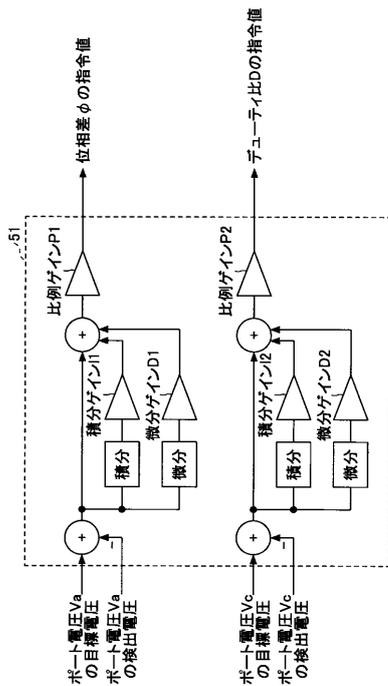
【図2】



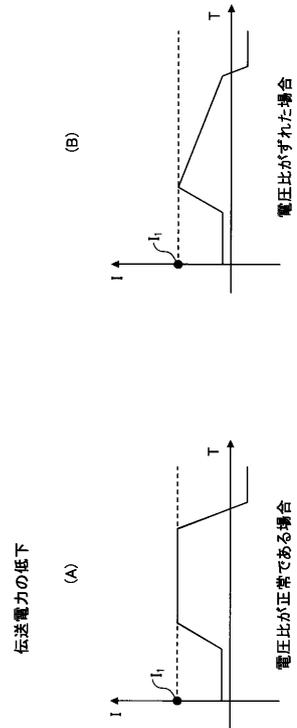
【図3】



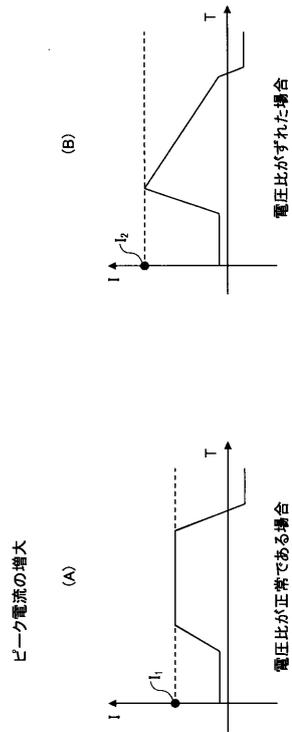
【図4】



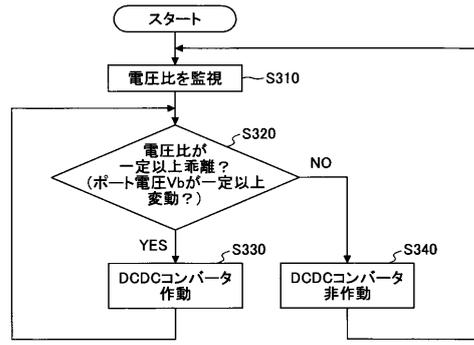
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-186970(JP,A)
特開2011-193713(JP,A)
特開2008-289326(JP,A)
特開2006-081263(JP,A)
特開平11-187662(JP,A)
特開2010-088152(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/28
H02M 3/335