

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第4区分

【発行日】平成25年2月28日(2013.2.28)

【公開番号】特開2012-70514(P2012-70514A)

【公開日】平成24年4月5日(2012.4.5)

【年通号数】公開・登録公報2012-014

【出願番号】特願2010-212219(P2010-212219)

【国際特許分類】

H 02 M 3/155 (2006.01)

H 02 J 1/00 (2006.01)

H 02 J 1/10 (2006.01)

H 02 M 3/07 (2006.01)

【F I】

H 02 M 3/155 U

H 02 J 1/00 3 0 6 B

H 02 J 1/10

H 02 M 3/155 W

H 02 M 3/155 P

H 02 M 3/07

【手続補正書】

【提出日】平成25年1月11日(2013.1.11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の直流電源と、

第2の直流電源と、

負荷と電気的に接続される電源配線上の出力電圧を制御するように、前記第1および第2の直流電源と前記電源配線との間で直流電圧変換を実行するための電力変換器とを備え、

前記電力変換器は、複数のスイッチング素子を含み、かつ、前記複数のスイッチング素子の制御によって、前記第1および第2の直流電源が前記電源配線に対して並列に電気的に接続された状態で前記直流電圧変換を実行する第1の動作モードと、前記第1および第2の直流電源が前記電源配線に対して直列に電気的に接続された状態で直流電圧変換を実行する第2の動作モードとを切換えられるように構成され、

前記複数のスイッチング素子は、

前記電源配線および第1のノードの間に電気的に接続された第1のスイッチング素子と、

第2のノードおよび前記第1のノードの間に電気的に接続された第2のスイッチング素子と、

前記第2の直流電源の負極端子と電気的に接続された第3のノードおよび前記第2のノードの間に電気的に接続された第3のスイッチング素子と、

前記第1の直流電源の負極端子と前記第3のノードの間に電気的に接続された第4のスイッチング素子とを含み、

前記電力変換器は、

前記第2のノードおよび前記第1の直流電源の正極端子の間に電気的に接続された第1のリクトルと、

前記第1のノードおよび前記第2の直流電源の正極端子の間に電気的に接続された第2のリクトルとをさらに含む、電源システム。

【請求項2】

前記電力変換器は、前記第1の動作モードでは、前記第1の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換のための第1の制御信号と、前記第2の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換のための第2の制御信号との論理和に従って、前記第1から前記第4のスイッチング素子のオンオフを制御する、請求項1記載の電源システム。

【請求項3】

前記電力変換器は、前記第1の動作モードでは、前記第1および第2の直流電源のうちの一方の直流電源と、前記電源配線との間の前記直流電圧変換については前記出力電圧が指令電圧と一致するように制御する一方で、前記第1および第2の直流電源のうちの他方の直流電源と前記電源配線との間の前記直流電圧変換については前記他方の直流電源の電流が指令電流と一致するように制御する、請求項1または2に記載の電源システム。

【請求項4】

前記電力変換器は、前記第2の動作モードでは、前記第3のスイッチング素子をオン固定する一方で、直列接続された前記第1および第2の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換のための制御信号に従って、前記第2および第4のスイッチング素子と前記第1のスイッチング素子とが相補的にオンオフするように、前記第1から前記第4のスイッチング素子のオンオフを制御する、請求項1記載の電源システム。

【請求項5】

前記電力変換器は、前記第2の動作モードでは、直列接続された前記第1および第2の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換について、前記出力電圧が指令電圧と一致するように制御する、請求項1または4に記載の電源システム。

【請求項6】

前記複数のスイッチング素子の各々は、前記第1および第2の直流電源を前記電源配線に対して並列または直列に接続するための制御信号と、前記第1または第2の動作モードにおける前記直流電圧変換のための制御信号との論理和に従って制御される、請求項1記載の電源システム。

【請求項7】

前記複数のスイッチング素子は、前記第2の動作モードでは前記第1および第2の直流電源を直列接続するためにオン固定される一方で、前記第1の動作モードでは前記出力電圧を制御する直流電圧変換のためのデューティ比に従ってオンオフされるスイッチング素子を含む、請求項1記載の電源システム。

【請求項8】

前記複数のスイッチング素子のうちの少なくとも一部のスイッチング素子は、前記第1の動作モードにおいて前記第1の直流電源と前記電源配線との間に形成される第1の電力変換経路と、前記第1の動作モードにおいて前記第2の直流電源と前記電源配線との間に形成される第2の電力変換経路との両方に含まれるように配置される、請求項1記載の電源システム。

【請求項9】

前記少なくとも一部のスイッチング素子は、前記第1の動作モードでは、前記第1の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換のための第1の制御信号と、前記第2の直流電源と前記電源配線との間での前記直流電圧変換のための第2の制御信号との論理和に従ってオンオフされ、

前記少なくとも一部のスイッチング素子は、前記第2の動作モードでは、前記第1および第2の直流電源を直列接続するためにオン固定されるスイッチング素子と、前記出力電圧を制御する直流電圧変換のためのデューティ比に従ってオンオフされるスイッチング素子とに分類される、請求項8記載の電源システム。

【請求項 10】

前記第1および第2の直流電源は、定格出力電圧がそれぞれ異なる、請求項1～9のいずれか1項に記載の電源システム。

【請求項 11】

前記第1および第2の直流電源は、出力エネルギー密度および出力パワー密度がそれぞれ異なる、請求項1～9のいずれか1項に記載の電源システム。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

【図1】本発明の実施の形態による電源システムの構成例を示す回路図である。

【図2】一般的な昇圧チョッパ回路の構成図である。

【図3】図2に示した昇圧チョッパ回路の動作を説明するための回路図である。

【図4】パラレル接続モードにおける第1の回路動作を説明する回路図である。

【図5】パラレル接続モードにおける第2の回路動作を説明する回路図である。

【図6】図4の回路動作時におけるリアクトルの還流経路を説明する回路図である。

【図7】図5の回路動作時におけるリアクトルの還流経路を説明する回路図である。

【図8】シリーズ接続モードにおける回路動作を説明する回路図である。

【図9】図8の回路動作時におけるリアクトルの還流経路を説明する回路図である。

【図10】パラレル接続モードにおける第1の直流電源に対する直流電圧変換（昇圧動作）を説明する回路図である。

【図11】パラレル接続モードにおける第2の直流電源に対する直流電圧変換（昇圧動作）を説明する回路図である。

【図12】シリーズ接続モードにおける直流電圧変換（昇圧動作）を説明する回路図である。

【図13】パラレル接続モードにおける負荷側からの等価回路を示すブロック図である。

【図14】第1の電源の制御動作例を説明するための波形図である。

【図15】第2の電源の制御動作例を説明するための波形図である。

【図16】電圧源として動作する電源の制御ブロックの構成例を示す図である。

【図17】電流源として動作する電源の制御ブロックの構成例を示す図である。

【図18】パラレル接続モードにおける各制御データの設定を説明する図表である。

【図19】シリーズ接続モードにおける負荷側からの等価回路を示すブロック図である。

【図20】シリーズ接続モードにおける制御動作例を説明するための波形図である。

【図21】シリーズ接続モードにおける電源の制御ブロックの構成例を示す図である。

【図22】シリーズ接続モードにおける各制御データの設定を説明する図表である。

【図23】本発明の実施の形態による電源システムが適用された電源システムの構成例を示す回路図である。

【図24】図23に示した電源システムのパラレル接続モードでの制御動作例を示す波形図である。

【図25】図23に示した電源システムのシリーズ接続モードでの制御動作例を示す波形図である。

【図26】本発明の実施の形態の変形例による電源システムの構成を示す回路図である。

【図27】図26に示した電源システムに組み込まれたブリッジ型コンバータの構成を説明する回路図である。

【図28】ブリッジ型コンバータの直接昇降圧モードでのスイッチング動作を説明する図表である。

【図29】ブリッジ型コンバータの間接昇降圧モードでのスイッチング動作を説明する図表である。

【図30】本発明の実施の形態の変形例による電源システムでのデューティ制御を説明する波形図である。

【図31】本発明の実施の形態の変形例による電源システムの直接昇降圧モードにおけるパラレル接続モードでのスイッチング素子のオンオフ制御を説明する図表である。

【図32】本発明の実施の形態の変形例による電源システムの直接昇降圧モードにおけるシリーズ接続モードでのスイッチング素子のオンオフ制御を説明する図表である。

【図33】本発明の実施の形態の変形例による電源システムの間接昇降圧モードにおけるパラレル接続モードでのスイッチング素子のオンオフ制御を説明する図表である。

【図34】本発明の実施の形態の変形例による電源システムの間接昇降圧モードにおけるシリーズ接続モードでのスイッチング素子のオンオフ制御を説明する図表である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

図3(a)に示されるように、下アーム素子S1のオン期間では、直流電源PS-リアクトルL-スイッチング素子S1を介した電流経路101が形成される。これにより、リアクトルLにエネルギーが蓄積される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

また、下アーム素子S1のオフ期間に上アーム素子Suをオンすることによって、負荷30に対して電力を双方向に授受できる。特に、電力変換器50および負荷LD間の電流方向に対応して制御を切換えることなく、出力電圧Voを制御しながら、負荷LDからの回生電流を受入れることが可能となる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0045】

図4(b)を参照して、直流電源10および電源配線PLの間では、スイッチング素子S3のオンオフ制御によって、図3(a),(b)に示した、下アーム素子のオン期間の状態と、上アーム素子のオン期間とを交互に形成できる。同様に、直流電源20および電源配線30の間では、スイッチング素子S2,S3を共通にオンオフ制御することによって、図3(a),(b)に示した、下アーム素子のオン期間の状態と、上アーム素子のオン期間とを交互に形成できる。なお、スイッチング素子S1は、負荷30からの回生を制御するスイッチとして動作する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

図5(b)を参照して、直流電源20および電源配線PLの間では、スイッチング素子S3のオンオフ制御によって、図3(a),(b)に示した、下アーム素子のオン期間の

状態と、上アーム素子のオン期間とを交互に形成できる。同様に、直流電源 10 および電源配線 30 の間では、スイッチング素子 S3, S4 を共通にオンオフ制御することによって、図 3 (a), (b) に示した、下アーム素子のオン期間の状態と、上アーム素子のオン期間とを交互に形成できる。なお、スイッチング素子 S1 は、負荷 30 からの回生を制御するスイッチとして動作する。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

図 7 (a) を参照して、図 5 (b) の等価回路において、力行状態におけるリアクトル L1 の電流は、ダイオード D1、電源配線 PL、負荷 30 および接地配線 GL を介した電流経路 106 により還流することができる。また、回生状態におけるリアクトル L1 の電流は、ダイオード D4, D3 を介した電流経路 107 により還流することができる。電流経路 106, 107 によって、リアクトル L1 に蓄積されたエネルギーを放出することができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0084

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0084】

図 13 には、パラレル接続モードにおける負荷側から見た等価回路が示される。

図 13 を参照して、パラレル接続モードでは、直流電源 10 と負荷 30との間で直流電力変換を実行する電源 PS1 と、直流電源 20 と負荷 30との間で直流電力変換を実行する電源 PS2 とは、負荷 30 に対して並列に電力を授受する。電源 PS1 は、図 10 に示した直流電圧変換動作を実行する昇圧チョッパ回路に相当する。同様に、電源 PS2 は、図 11 に示した直流電圧変換動作を実行する昇圧チョッパ回路に相当する。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0085

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0085】

すなわち、電源 PS1 は、直流電源 10 の電圧 V[1] および出力電圧 Vo の間で、式 (2) に示した電圧変換比による直流電圧変換機能を有する。同様に、電源 PS2 は、直流電源 20 の電圧 V[2] および出力電圧 Vo の間で、式 (3) に示した電圧変換比による直流電圧変換機能を有する。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0106

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0106】

$$DVF = (V_o - V[2]) / V_o \quad \dots (7)$$

$$DiFF = (V_o - V[1]) / V_o \quad \dots (8)$$

デューティ比 Da (Da = Di) に応じて、図 14 に示した制御パルス信号 SDa および /SDa が生成される。同様に、デューティ比 Db (Db = Dv) に応じて、図 15 に示した制御パルス信号 SDb および /SDb が生成される。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0116

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0116】

電圧制御におけるフィードフォワード制御量 D_{vFF} は、下記(9)に示すように、出力電圧 V_o と直流電源 1_0 の電圧 $V[1]$ との電圧差に応じて設定される。また、電流制御におけるフィードフォワード制御量 D_{iFF} は、下記(10)に示すように、出力電圧 V_o と直流電源 2_0 の電圧 $V[2]$ との電圧差に応じて設定される。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0117

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0117】

$$D_{vFF} = (V_o - V[1]) / V_o \quad \dots (9)$$

$$D_{iFF} = (V_o - V[2]) / V_o \quad \dots (10)$$

デューティ比 D_a ($D_a = D_{vF}$) に応じて、図14に示した制御パルス信号 S_{Da} および $/S_{Da}$ が生成される。同様に、デューティ比 D_b ($D_b = D_{iF}$) に応じて、図15に示した制御パルス信号 S_{Db} および $/S_{Db}$ が生成される。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0129

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0129】

$$D_{vFF} = (V_o - (V[2] + V[1])) / V_o \quad \dots (12)$$

デューティ比 D_c ($D_c = D_{vF}$) に応じて、図20に示した制御パルス信号 S_{Dc} および $/S_{Dc}$ が生成される。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0137

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0137】

図23のシステム構成例では、二次電池で構成される直流電源 1_0 を定常的な電力供給源として使用し、電気二重層キャパシタで構成される直流電源 2_0 を補助的な電力供給源として使用することが好ましい。このため、パラレル接続モードでは、直流電源 1_0 の電力を制御して、二次電池の過充電または過放電を防止するために、直流電源 1_0 を電流制御する。一方、直流電源 2_0 は電圧制御される。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0148

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0148】

これに対して、パラレル接続モードでは、デューティ比 D_a , D_b は、電圧 $V[1]$, $V[2]$ に対する出力電圧 V_o の比に従って設定されるため、一方の直流電源の電圧が低下すると、1.0に近い値となってしまう。その一方で、実際の昇圧チョッパ回路の制御

では、上アーム素子および下アーム素子が同時にオンすることを確実に防止するためのデッドタイムを設ける必要があるため、実現可能なデューティ比 D_a , D_b には上限値が存在する。したがって、パラレル接続モードのみでは、一方の直流電源の電圧がある程度低下すると電圧制御が不能となってしまう。すなわち、直流電源 10, 20 の蓄積エネルギーを使い切る点で、パラレル接続モードには一定の限界が存在する。したがって、シリーズ接続モードは、直流電源 10, 20 の蓄積エネルギーを使い切る点で、パラレル接続モードよりも有利である。

【手続補正 16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0157

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0157】

$$V_H = D / (1 - D) \cdot V_i \quad \dots (13)$$

式(13)より、 $D < 0.5$ のときは $V_H < V_i$ (降圧) となる一方で、 $D > 0.5$ のときは $V_H > V_i$ (昇圧) となる。すなわち、昇圧および降圧の両方に、デューティ比 D による共通のスイッチング制御によって対応できる。

【手続補正 17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0159

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0159】

昇圧時には、電源側のアームでは、上アーム素子であるスイッチング素子 S_a がオン固定される一方で、下アーム素子であるスイッチング素子 S_b がオフ固定される。これに対して、負荷側のアームでは、スイッチング素子 S_c および S_d が相補的かつ交互にオンオフされる。したがって、下アーム素子であるスイッチング素子 S_d のデューティ比を D とすると、上アーム素子であるスイッチング素子 S_c のデューティ比は $(1 - D)$ となる。

【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0161

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0161】

$$V_H = 1 / (1 - D) \cdot V_i \quad \dots (14)$$

これに対して、降圧時には、負荷側のアームでは、上アーム素子であるスイッチング素子 S_c がオン固定される一方で、下アーム素子であるスイッチング素子 S_d がオフ固定される。これに対して、電源側のアームにおいて、スイッチング素子 S_a および S_b が相補的かつ交互にオンオフされる。上アーム素子であるスイッチング素子 S_a のデューティ比を D とすると、下アーム素子であるスイッチング素子 S_b のデューティ比は $(1 - D)$ となる。

【手続補正 19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0168

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0168】

再び図 26 を参照して、シリーズ接続モードでは、スイッチング素子 S_3 をオン固定することによって、直流電源 10 および 20 が直列に接続される。そして、直列接続された直流電源 10, 20 に対して、スイッチング素子 S_1 が負荷側の上アーム素子を形成する

とともに、スイッチング素子 S 2 , S 4 が負荷側の下アーム素子を形成するブリッジ型コンバータが等価的に構成される。なお、電源側アームでは、スイッチング素子 S 5 , S 7 が上アーム素子を形成し、スイッチング素子 S 6 , S 8 が下アーム素子を形成する。

【手続補正 2 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 7 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 7 7】

スイッチング素子 S 4 は、直流電源 1 0 に対応するブリッジ型コンバータでは下アーム素子を形成する一方で、直流電源 2 0 に対応するブリッジ型コンバータでは上アーム素子を形成する。したがって、スイッチング素子 S 4 の制御信号 S G 4 は、制御信号 S G 5 (S D a) および S G 8 (/ S D b) の論理和に従って生成される。この結果、スイッチング素子 S 4 は、直流電源 1 0 に対応するブリッジ型コンバータの負荷側の下アーム素子および、直流電源 2 0 に対応するブリッジ型コンバータの負荷側の上アーム素子の両方の機能を実現するように、オンオフ制御される。

【手続補正 2 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 8 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 8 1】

一方、負荷側アームでは、直流電源 1 0 , 2 0 を直列に接続するために、スイッチング素子 S 3 はオン固定される。すなわち、制御信号 S G 3 は H レベルに固定される。さらに、直列接続された直流電源 1 0 , 2 0 に対して、スイッチング素子 S 1 が上アーム素子を形成し、スイッチング素子 S 2 , S 4 が下アーム素子を形成する。したがって、制御信号 S G 1 は、負荷側の上アーム素子を制御するための、図 2 8 の制御信号 S c と同様に設定される。すなわち、制御信号 S G 1 は、デューティ比 (1 - D c) に基づく制御信号 / S D c に相当する。また、制御信号 S G 2 , S G 4 は、負荷側の下アーム素子を制御するための、図 2 8 の制御信号 S d と同様に設定される。すなわち、制御信号 S G 2 , S G 4 は、デューティ比 D c に基づく制御信号 S D c に相当する。

【手続補正 2 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 8 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 8 2】

図 3 2 に従うオンオフ制御によって、電源システム 5 の直接昇降圧モードにおいて、電源システム 5 (電力変換器 5 0) と同様のシリーズ接続モードを実現することができる。

【手続補正 2 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 8 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 8 6】

直流電源 2 0 側の電源側アームに対応するスイッチング素子 S 7 , S 8 は、直流電源 2 0 に対応するブリッジ型コンバータが昇圧 / 降圧のいずれで動作するかに従って、図 2 9 でのスイッチング素子 S a , S b のオンオフ制御と同様に制御される。すなわち、昇圧時には、制御信号 S G 7 が H レベルに固定される一方で、制御信号 S G 8 が L レベルに固定

される。降圧時には、制御信号 SG7 が、直流電源 20 のデューティ比 D_b に基づく制御パルス信号 SD_b に相当し、制御信号 SG8 は、制御信号 SG7 の反転信号（すなわち、/SD_b）に相当する。

【手続補正 24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0189

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0189】

同様に、直流電源 10 側で降圧し、直流電源 20 側で昇圧するときには、降圧側のスイッチング素子 S_c によるオン固定と、昇圧側のスイッチング素子 S_c によるデューティ比 (1 - D_b) による制御との両方を実現するために、制御信号 SG1 は、H レベル信号と制御信号 /SD_b との論理和に従って設定される。

【手続補正 25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0198

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0198】

図 34 に従うオンオフ制御によって、電源システム 5 の間接昇降圧モードにおいて、電源システム 5 (電力変換器 50) と同様のシリーズ接続モードを実現することができる。

【手続補正 26】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 18

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 18】

	パラレル接続I	パラレル接続II
SG1	/SDa or /SDb	/SDa or /SDb
SG2	/SDa or SDb	/SDa or SDb
SG3	SDa or SDb	SDa or SDb
SG4	SDa or /SDb	SDa or /SDb
Dv	D _b	D _a
Di	D _a	D _b
Hv	図11の伝達関数	図10の伝達関数
Hi	図10の伝達関数	図11の伝達関数
DvFF	(V _o -V[2])/V _o	(V _o -V[1])/V _o
DiFF	(V _o -V[1])/V _o	(V _o -V[2])/V _o
Ii	I[1]	I[2]