

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6634039号
(P6634039)

(45) 発行日 令和2年1月22日 (2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日 (2019.12.20)

(51) Int.Cl.	F I
H02M 3/28 (2006.01)	H02M 3/28 W
H02J 1/10 (2006.01)	H02J 1/10

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-6997 (P2017-6997)	(73) 特許権者	000004695
(22) 出願日	平成29年1月18日 (2017.1.18)		株式会社 S O K E N
(65) 公開番号	特開2018-117454 (P2018-117454A)		愛知県日進市米野木町南山500番地20
(43) 公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成31年3月7日 (2019.3.7)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100121821
			弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換システムの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通の給電対象 (60) に対して並列に接続された第1電力変換装置 (10a) 及び第2電力変換装置 (10b) を備える電力変換システムに適用され、

前記第2電力変換装置は、第1負荷領域において電力変換効率が最大となり、

前記第1電力変換装置は、前記第1負荷領域よりも大きい第2負荷領域において電力変換効率が最大となり、

前記給電対象に供給すべき電流又は電力のいずれかである負荷出力を取得する負荷出力取得部 (S12) と、

前記負荷出力が、前記第1負荷領域、前記第2負荷領域、及び前記第2負荷領域よりも大きい第3負荷領域のいずれに含まれるかを判定する負荷判定部 (S13, S15) と、

前記負荷出力が前記第1負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第2電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第2負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第1電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第3負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第1電力変換装置及び前記第2電力変換装置を共に動作させる動作制御部 (S14, S16, S17) と、を備え、

前記第1電力変換装置の出力電圧を第1出力電圧として取得する第1電圧取得部 (S10) と、

前記第2電力変換装置の出力電圧を第2出力電圧として取得する第2電圧取得部 (S11) と、

10

20

第 1 電圧指令値に前記第 1 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 1 電力変換装置の出力電流の目標値である第 1 目標電流値を算出する第 1 目標電流算出部 (3 1 a) と、

第 2 電圧指令値に前記第 2 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 2 電力変換装置の出力電流の目標値である第 2 目標電流値を算出する第 2 目標電流算出部 (3 1 b) と、

前記第 1 目標電流値が第 1 所定値以下となる場合に前記第 1 電力変換装置の動作を停止させ、前記第 2 目標電流値が第 2 所定値以下となる場合に前記第 2 電力変換装置の動作を停止させる停止制御部 (3 5 a , 3 6 a) と、を備え、

前記第 1 目標電流算出部は、前記第 1 電圧指令値と前記第 1 出力電圧との偏差に基づく比例制御及び積分制御の少なくとも一方を含むフィードバック制御により、前記第 1 目標電流値を算出し、

前記第 2 目標電流算出部は、前記第 2 電圧指令値と前記第 2 出力電圧との偏差に基づく比例制御及び積分制御の少なくとも一方を含むフィードバック制御により、前記第 2 目標電流値を算出し、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 1 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電圧指令値を前記第 2 電圧指令値よりも低い値に設定することで前記第 2 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 2 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 2 電圧指令値を前記第 1 電圧指令値よりも低い値に設定することで前記第 1 電力変換装置のみを動作させる電力変換システムの制御装置。

【請求項 2】

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合に、前記第 2 電力変換装置の出力電圧が第 2 電圧指令値になるように前記第 2 電力変換装置を動作させ、かつ前記第 1 電力変換装置の出力電流が前記第 1 電力変換装置の出力定格値となるように前記第 1 電力変換装置を動作させる、請求項 1 に記載の電力変換システムの制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 電力変換装置の出力電圧を第 1 出力電圧として取得する第 1 電圧取得部 (S 1 0) と、

前記第 2 電力変換装置の出力電圧を第 2 出力電圧として取得する第 2 電圧取得部 (S 1 1) と、

第 1 電圧指令値に前記第 1 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 1 電力変換装置の出力電流の目標値である第 1 目標電流値を算出する第 1 目標電流算出部 (3 1 a) と、

前記第 2 電圧指令値に前記第 2 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 2 電力変換装置の出力電流の目標値である第 2 目標電流値を算出する第 2 目標電流算出部 (3 1 b) と、

前記第 2 目標電流値が前記第 2 電力変換装置の出力定格値を超える場合に、前記第 2 電力変換装置の前記操作量を前記第 2 電力変換装置の出力定格値とする電流値変更部 (3 3 b) と、を備え、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合は、前記第 2 電圧指令値を前記第 1 電圧指令値よりも大きくすることで、前記第 2 電力変換装置の出力電流が前記第 2 電力変換装置の出力定格値となるように前記第 2 電力変換装置を動作させる、請求項 2 に記載の電力変換システムの制御装置。

【請求項 4】

共通の給電対象 (6 0) に対して並列に接続された第 1 電力変換装置 (1 0 a) 及び第 2 電力変換装置 (1 0 b) を備える電力変換システムに適用され、

前記第 2 電力変換装置は、第 1 負荷領域において電力変換効率が最大となり、

前記第 1 電力変換装置は、前記第 1 負荷領域よりも大きい第 2 負荷領域において電力変換効率が最大となり、

10

20

30

40

50

前記給電対象に供給すべき電流又は電力のいずれかである負荷出力を取得する負荷出力取得部（S 1 2）と、

前記負荷出力が、前記第 1 負荷領域、前記第 2 負荷領域、及び前記第 2 負荷領域よりも大きい第 3 負荷領域のいずれに含まれるかを判定する負荷判定部（S 1 3 , S 1 5）と、

前記負荷出力が前記第 1 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 2 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 2 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置及び前記第 2 電力変換装置を共に動作させる動作制御部（S 1 4 , S 1 6 , S 1 7）と、を備え、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合に、前記第 2 電力変換装置の出力電圧が第 2 電圧指令値になるように前記第 2 電力変換装置を動作させ、かつ前記第 1 電力変換装置の出力電流が前記第 1 電力変換装置の出力定格値となるように前記第 1 電力変換装置を動作させ、

前記第 1 電力変換装置の出力電圧を第 1 出力電圧として取得する第 1 電圧取得部（S 1 0）と、

前記第 2 電力変換装置の出力電圧を第 2 出力電圧として取得する第 2 電圧取得部（S 1 1）と、

第 1 電圧指令値に前記第 1 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 1 電力変換装置の出力電流の目標値である第 1 目標電流値を算出する第 1 目標電流算出部（3 1 a）と、

前記第 2 電圧指令値に前記第 2 出力電圧をフィードバック制御するための操作量として、前記第 2 電力変換装置の出力電流の目標値である第 2 目標電流値を算出する第 2 目標電流算出部（3 1 b）と、

前記第 2 目標電流値が前記第 2 電力変換装置の出力定格値を超える場合に、前記第 2 電力変換装置の前記操作量を前記第 2 電力変換装置の出力定格値とする電流値変更部（3 3 b）と、を備え、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合は、前記第 2 電圧指令値を前記第 1 電圧指令値よりも大きくすることで、前記第 2 電力変換装置の出力電流が前記第 2 電力変換装置の出力定格値となるように前記第 2 電力変換装置を動作させる電力変換システムの制御装置。

【請求項 5】

前記負荷出力は負荷電流であり、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第 2 負荷領域よりも高い値であり、かつ前記負荷出力が前記第 2 電力変換装置の定格電流を 2 倍した値以下である場合に、前記第 1 電力変換装置及び前記第 2 電力変換装置に出力電流を均等化して出力するよう動作させる、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の電力変換システムの制御装置。

【請求項 6】

共通の給電対象（6 0）に対して並列に接続された第 1 電力変換装置（1 0 a）及び第 2 電力変換装置（1 0 b）を備える電力変換システムに適用され、

前記第 2 電力変換装置は、第 1 負荷領域において電力変換効率が最大となり、

前記第 1 電力変換装置は、前記第 1 負荷領域よりも大きい第 2 負荷領域において電力変換効率が最大となり、

前記給電対象に供給すべき電流又は電力のいずれかである負荷出力を取得する負荷出力取得部（S 1 2）と、

前記負荷出力が、前記第 1 負荷領域、前記第 2 負荷領域、及び前記第 2 負荷領域よりも大きい第 3 負荷領域のいずれに含まれるかを判定する負荷判定部（S 1 3 , S 1 5）と、

前記負荷出力が前記第 1 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 2 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 2 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置及び前記第 2 電力変換装置を共に動作させる

10

20

30

40

50

動作制御部（S14，S16，S17）と、を備え、

前記負荷出力は負荷電流であり、

前記動作制御部は、前記負荷出力が前記第2負荷領域よりも高い値であり、かつ前記負荷出力が前記第2電力変換装置の定格電流を2倍した値以下である場合に、前記第1電力変換装置及び前記第2電力変換装置に出力電流を均等化して出力するよう動作させる電力変換システムの制御装置。

【請求項7】

前記負荷判定部は、前記負荷出力が前記第2電力変換装置の出力定格値以下の値である場合に前記負荷出力が前記第1負荷領域に含まれていると判定する、請求項1～6のいずれか一項に記載の電力変換システムの制御装置。

10

【請求項8】

前記第1電力変換装置の出力定格値が、前記第2電力変換装置の出力定格値よりも大きく設定されており、

前記負荷判定部は、前記負荷出力が前記第2電力変換装置の出力定格値以上の値であって、かつ前記第1電力変換装置の出力定格値以下の値である場合に前記負荷出力が前記第2負荷領域に含まれていると判定する、請求項1～7のいずれか一項に記載の電力変換システムの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、電力変換システムの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、共通の給電対象に対して並列接続された複数の電力変換装置を備え、給電対象に対して電力を供給する電力変換システムが知られている。電力変換システムとしては、下記特許文献1に記載されているように、給電対象に対して各電力変換装置の出力電流を均等化して出力するものもある。

【0003】

下記特許文献1で開示される電力変換システムは、出力電流を均等化する各電力変換装置の動作台数を、電流センサの定格電流に合わせて設定している。この電力変換システムでは、均等化後の電力変換装置の総出力電流が電流センサの定格電流に最も近似するよう動作台数を設定している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5202268号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、例えば定格値が異なる2つの電力変換装置が共通の給電対象に対して並列に接続されている場合、単に出力電流を均等化して各電力変換装置を同時に動作させるだけでは、電力変換システム全体における電力変換効率を最適化できない場合がある。

40

【0006】

本発明は上記課題に鑑みたものであり、共通の給電対象に対して並列に接続された2つの電力変換装置を備える電力変換システムに適用され、電力変換効率を最適化することができる電力変換システムの制御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】

上記課題を解決するために本発明では、共通の給電対象に対して並列に接続された第1電力変換装置及び第2電力変換装置を備える電力変換システムに適用され、前記第2電力

50

変換装置は、第 1 負荷領域において電力変換効率が最大となり、前記第 1 電力変換装置は、前記第 1 負荷領域よりも大きい第 2 負荷領域において電力変換効率が最大となり、前記給電対象に供給すべき電流又は電力のいずれかである負荷出力を取得する負荷出力取得部と、前記負荷出力が、前記第 1 負荷領域、前記第 2 負荷領域、及び前記第 2 負荷領域よりも大きい第 3 負荷領域のいずれに含まれるかを判定する負荷判定部と、前記負荷出力が前記第 1 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 2 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 2 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置のみを動作させ、前記負荷出力が前記第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合に前記第 1 電力変換装置及び前記第 2 電力変換装置を共に動作させる動作制御部と、を備える。

10

【0008】

第 1 負荷領域において電力変換効率が最大となる第 2 電力変換装置と、第 1 負荷領域よりも大きい第 2 負荷領域において電力変換効率が最大となる第 1 電力変換装置とが共通の給電対象に対して並列に接続されている電力変換システムがある。このシステムにおいて、各電力変換装置を同時に動作させると、電力変換効率が適正值とならない場合がある。この点、上記構成では、給電対象に供給すべき電流又は電力のいずれかである負荷出力が取得され、第 1 負荷領域、第 2 負荷領域及び第 3 負荷領域のいずれに負荷出力が含まれるかが判定される。そして、負荷出力が第 1 負荷領域に含まれていると判定された場合に第 2 電力変換装置のみを動作させ、負荷出力が第 2 負荷領域に含まれていると判定された場合に第 1 電力変換装置のみを動作させる。そして、負荷出力が第 3 負荷領域に含まれていると判定された場合には、第 1 電力変換装置及び第 2 電力変換装置を共に動作させることとした。この場合、第 1 電力変換装置と第 2 電力変換装置とが電力変換効率が高い負荷領域でそれぞれ動作することで、電力変換システムを最適な電力変換効で動作させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】電力変換システムの構成図。

【図 2】制御部の機能を説明する機能ブロック図。

【図 3】第 1，第 2 DDC の出力電流及び電力変換効率の関係を説明する図。

【図 4】負荷に応じた第 1，第 2 DDC の動作を説明する図。

30

【図 5】上位制御部による各動作の切り替え処理を説明するフローチャート。

【図 6】第 2 DDC を単独動作させる場合の上位制御部の制御を説明する図。

【図 7】第 2 DDC を単独動作させる場合の出力電流の波形図。

【図 8】第 1 DDC を単独動作させる場合の上位制御部の制御を説明する図。

【図 9】第 1 DDC を単独動作させる場合の出力電流の波形図。

【図 10】第 1，第 2 DDC を共同動作させる場合の上位制御部の制御を説明する図。

【図 11】第 1，第 2 DDC を共同動作させる場合の出力電流の波形図。

【図 12】電力変換システムの電力変換効率を説明する図。

【図 13】第 2 実施形態に係る上位制御部による各動作の切り替え処理を説明するフローチャート。

40

【図 14】均等化制御を実施する場合の上位制御部の制御を説明する図。

【図 15】均等化制御における出力電流の波形図。

【図 16】負荷に応じた第 1，第 2 DDC の動作を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(第 1 実施形態)

図 1 は、第 1 実施形態にかかる電力変換システム 10 の構成図である。電力変換システム 10 は、共通の給電対象としての第 1 蓄電池 60 に対して出力側が並列に接続された第 1 DC/DC コンバータ（以下、第 1 DDC 10a と記載する。）及び第 2 DC/DC コンバータ（以下、第 2 DDC 10b と記載する。）を備えている。具体的には、第 1 D

50

DC10aと第2DDC10bとの出力側は、第1蓄電池60のプラス側端子及びマイナス側端子に並列接続されている。また、第1DDC10a及び第2DDC10bの入力側は、共通の直流電源である第2蓄電池100に並列接続されている。本実施形態では、第1DDC10aが第1電力変換装置に相当し、第2DDC10bが第2電力変換装置に相当する。

【0011】

第1DDC10a及び第2DDC10bは、第2蓄電池100から供給される直流電圧を降圧することで出力電圧を生成する。本実施形態では、第1蓄電池60は、鉛蓄電池で構成されている。また、第2蓄電池100は、リチウムイオン蓄電池で構成されている。なお、第1蓄電池60には、電力変換システム10から供給される直流電力により駆動する各種装置が接続されていてもよい。

10

【0012】

次に、第1DDC10aの構成について詳しく説明する。第1DDC10aは、フルブリッジ型のDC/DCコンバータであり、平滑コンデンサ11、第1変換回路12、トランス13、第2変換回路14、リアクトル15、及びフィルタコンデンサ16を備えている。

【0013】

平滑コンデンサ11は、第2蓄電池100のプラス側端子とマイナス側端子との間に並列に接続されている。

【0014】

20

第1変換回路12は、第1～第4スイッチQ1～Q4を備えており、各スイッチQ1～Q4のオン・オフを切り替えることで、第2蓄電池100からの直流電力を交流電力に変換してトランス13の一次側コイルL1に供給する。第1変換回路12は、第1スイッチQ1のソースと第3スイッチQ3のドレインとを直列接続した第1レグ、及び第2スイッチQ2のソースと第4スイッチQ4のドレインとを直列接続した第2レグを備えている。第1レグ及び第2レグは、第2蓄電池100に並列接続されている。また、第1スイッチQ1と第3スイッチQ3との接続点は、トランス13の一次側コイルL1の第1端に接続されており、第2スイッチQ2と第4スイッチQ4との接続点は、一次側コイルL1の第2端に接続されている。本実施形態では、各スイッチQ1～Q4はMOS-FETによって構成されている。

30

【0015】

トランス13は、一次側コイルL1に加えて二次側コイルL2を備えている。二次側コイルL2には、第2変換回路14が接続されている。第1変換回路12から一次側コイルL1に交流電圧が供給されることで、二次側コイルL2には一次側コイルL1及び二次側コイルL2の巻数比に応じた交流電圧が生じる。

【0016】

第2変換回路14は、第5スイッチQ5及び第6スイッチQ6を備えている。第2変換回路14は、各スイッチQ5、Q6のオン・オフを切り替えることで、トランス13の二次側コイルL2に生じる交流電圧を直流電圧に変換する。また、第5スイッチQ5のドレインと第6スイッチQ6のドレインとは、二次側コイルL2の両端にそれぞれ接続されている。また、第5スイッチQ5のソースと第6スイッチQ6のソースとが接続されている。本実施形態では、各スイッチQ5、Q6はMOS-FETによって構成されている。

40

【0017】

二次側コイルL2の一端には、リアクトル15の第1端が接続されており、第2変換回路14により変換された直流電圧がリアクトル15に供給される。リアクトル15の第2端には、第1蓄電池60のプラス側端子が接続されている。第5スイッチQ5と第6スイッチQ6との接続点には、第1蓄電池60のマイナス側端子が接続されている。フィルタコンデンサ16は、第1蓄電池60に対して並列接続されている。

【0018】

第1DDC10aは、第1下位制御部30aを備えている。第1下位制御部30aは、

50

第1 D D C 1 0 aにおける第1変換回路12及び第2変換回路14を構成する各スイッチQ1～Q6をオン・オフする。なお、第1下位制御部30aは、例えば、複数の機能ブロックを備える集積回路により構成されていればよい。第1下位制御部30aの各機能については後述する。

【0019】

第1 D D C 1 0 aは、第1入力電圧センサ21a、第1出力電圧センサ22a、及び第1電流センサ23aを備えている。第1入力電圧センサ21aは、第2蓄電池100と平滑コンデンサ11との間に接続されており、第2蓄電池100からの第1 D D C 1 0 aに10
入力される電圧を第1入力電圧V H 1として検出する。第1出力電圧センサ22aは、フィルタコンデンサ16と第1蓄電池60との間に接続されており、第1 D D C 1 0 aの出力電圧を第1出力電圧V L 1 rとして検出する。第1電流センサ23aは、平滑コンデンサ11と第1変換回路12とを接続する電気経路に流れる電流を第1電流I H 1として検出する。第1入力電圧センサ21a、第1出力電圧センサ22a、及び第1電流センサ23aが検出した各検出値V H 1、V L 1 r及びI H 1は、第1下位制御部30aに入力される。

【0020】

続いて、第2 D D C 1 0 bの構成について説明する。なお、本実施形態において第1、第2 D D C 1 0 a、10bは、基本的な構成が互いに同一であり、第2 D D C 1 0 bの説明を適宜省略している。また、第2 D D C 1 0 bの構成要素には第1 D D C 1 0 aの構成要素と共通の符号を付しているものもある。20

【0021】

第2 D D C 1 0 bは、第2下位制御部30b、第2入力電圧センサ21b、第2出力電圧センサ22b、及び第2電流センサ23bを備えている。第2入力電圧センサ21bは、第2蓄電池100から第2 D D C 1 0 bに入力される電圧を第2入力電圧V H 2として検出する。第2出力電圧センサ22bは、第2 D D C 1 0 bの出力電圧を第2出力電圧V L 2 rとして検出する。第2電流センサ23bは、第2 D D C 1 0 bにおける平滑コンデンサ11と第1変換回路12とを接続する電気経路に流れる電流を第2電流I H 2として検出する。第2入力電圧センサ21b、第2出力電圧センサ22b、及び第2電流センサ23bが検出した各検出値V H 2、V L 2 r及びI H 2は、第2下位制御部30bに入力される。30

【0022】

電力変換システム10は、上位制御部40を備えている。上位制御部40は、周知のマイクロコンピュータにより構成されており、各下位制御部30a、30bと電氣的に接続されている。

【0023】

次に、各下位制御部30a、30bの機能を説明する。図2(a)は、第1下位制御部30aを示し、図2(b)は、第2下位制御部30bを示している。第1下位制御部30aと第2下位制御部30bとは基本的には同じ構成であるため、以下では、第1下位制御部30aの機能ブロックのみを詳細に示し、第2下位制御部30bの機能ブロックを適宜省略して説明する。40

【0024】

図2(a)に示すように、第1下位制御部30aは、定電圧制御部31a、定電流制御部32a、最小値選択部33a及びピーク電流制御部34aを備えている。本実施形態では、定電圧制御部31aが第1目標電流算出部に相当し、最小値選択部33aが電流値変更部に相当する。

【0025】

定電圧制御部31aは、第1電圧指令値V L 1 *に第1出力電圧V L 1 rをフィードバック制御するための操作量として、第1 D D C 1 0 aの出力電流の目標値である第1目標電流値I r e f c v 1を算出する。本実施形態では、上位制御部40から第1下位制御部30aに第1電圧指令値V L 1 *が出力される。また、上位制御部40から第2下位制御50

部 3 0 b に第 2 電圧指令値 V_{L2}^* が出力される。

【 0 0 2 6 】

定電圧制御部 3 1 a は、徐変器 3 1 1、電圧偏差算出器 3 1 2 及び P I 制御器 3 1 3 を備えている。まず、第 1 電圧指令値 V_{L1}^* は、徐変器 3 1 1 に入力される。徐変器 3 1 1 は、第 1 電圧指令値 V_{L1}^* の変化に応じて、この第 1 電圧指令値 V_{L1}^* を徐変させた値を出力する。電圧偏差算出器 3 1 2 は、徐変器 3 1 1 により変換された第 1 電圧指令値 V_{L1}^* から第 1 出力電圧センサ 2 2 a で検出された第 1 出力電圧 V_{L1r} を減算することにより偏差を算出する。電圧偏差算出器 3 1 2 により算出された偏差は、P I 制御器 3 1 3 に入力される。P I 制御器 3 1 3 は、入力された偏差に比例積分制御を施すことにより第 1 目標電流値 I_{refcv1} を算出する。

10

【 0 0 2 7 】

定電流制御部 3 2 a は、第 1 上限電流値 I_{refcc1} を算出する。本実施形態では、第 1 上限電流値 I_{refcc1} は第 1 D D C 1 0 a が定格電流（例えば 1 2 0 A）で動作するように設定されている。具体的には、トランスの巻き数比、リプル電流などを考慮し、第 1 上限電流値 I_{refcc1} が設定されている。

【 0 0 2 8 】

最小値選択部 3 3 a は、定電圧制御部 3 1 a から出力される第 1 目標電流値 I_{refcv1} と、定電流制御部 3 2 a から出力される第 1 上限電流値 I_{refcc1} とを比較し、いずれか小さい方の値を選択して出力する。そのため、第 1 目標電流値 I_{refcv1} が第 1 上限電流値 I_{refcc1} を上回る場合、最小値選択部 3 3 a は、第 1 上限電流値 I_{refcc1} をピーク電流制御部 3 4 a へ出力する。以下では、 I_{refcv1} 及び I_{refcc1} の内、最小値選択部 3 3 a により選択された電流値を第 1 電流指令値 I_{ref1} と記載する。

20

【 0 0 2 9 】

ピーク電流制御部 3 4 a は、D A 変換器 3 4 1、コンパレータ 3 4 2 及び加算器 3 4 3 を備えている。まず、最小値選択部 3 3 a により選択された第 1 電流指令値 I_{ref1} は、D A 変換器 3 4 1 に入力される。D A 変換器 3 4 1 は、入力された第 1 電流指令値 I_{ref1} をデジタル値からアナログ値に変換する。アナログ値に変換された第 1 電流指令値 I_{ref1} は、コンパレータ 3 4 2 の反転入力端子に入力される。加算器 3 4 3 は、第 1 電流 I_{H1} とスロープ補償信号とを加算し、補償後スイッチ電流として出力する。加算器 3 4 3 の出力信号は、コンパレータ 3 4 2 の非反転入力端子に入力される。なお、スロープ補償信号は、リアクトル 1 5 に流れる電流の変動に伴う発振を抑制するものである。

30

【 0 0 3 0 】

コンパレータ 3 4 2 は、第 1 電流指令値 I_{ref1} と補償後スイッチ電流とを比較し、補償後スイッチ電流が第 1 電流指令値 I_{ref1} より小さい期間において、ロー状態の信号を R S フリップフロップ 3 4 7 の R 端子に入力する。また、コンパレータ 3 4 2 は、補償後スイッチ電流が第 1 電流指令値 I_{ref1} より大きい期間において、ハイ状態の信号を R S フリップフロップ 3 4 7 の R 端子に入力する。更に、R S フリップフロップ 3 4 7 の S 端子には、クロック信号が入力される。R S フリップフロップ 3 4 7 の出力は、デューティ制限部 3 4 8 によってデューティの上限値を設定された上で、第 1、第 2、第 3、第 4 スイッチ Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 をオン・オフするための駆動信号 G 1、G 2、G 3、G 4 として出力される。

40

【 0 0 3 1 】

第 1 下位制御部 3 0 a は、停止制御部として、電流判定部 3 5 a 及び出力判定部 3 6 a を備えている。電流判定部 3 5 a 及び出力判定部 3 6 a は、最小値選択部 3 3 a により選択された第 1 電流指令値 I_{ref1} が、第 1 D D C 1 0 a を安定的に動作させることができる電流値を下回る場合に、駆動信号 G 1 ~ G 4 として第 1 ~ 第 4 スイッチ Q 1 ~ Q 4 をオフするオフ駆動信号を出力する。そのため、第 1 電流指令値 I_{ref1} が第 1 ~ 第 4 スイッチ Q 1 ~ Q 4 を安定的に動作させることができないほど小さい場合は、第 1 ~ 第 4 スイッチ Q 1 ~ Q 4 がオフされ、第 1 D D C 1 0 a の動作が停止される。

50

【 0 0 3 2 】

具体的には、電流判定部 3 5 a は、最小値選択部 3 3 a から出力される第 1 電流指令値 I_{ref1} が所定電流値以下であるか否かを判定する。出力判定部 3 6 a は、第 1 電流指令値 I_{ref1} が所定電流値を上回っている旨の判定結果を電流判定部 3 5 a から取得した場合、デューティ制限部 3 4 8 から出力された各駆動信号 $G_1 \sim G_4$ をそのまま第 1 ～第 4 スイッチ $Q_1 \sim Q_4$ のゲートに対して出力する。一方、出力判定部 3 6 a は、第 1 電流指令値 I_{ref1} が所定電流値以下である旨の判定結果を電流判定部 3 5 a から取得した場合、デューティ制限部 3 4 8 から出力された各駆動信号 $G_1 \sim G_4$ を全てオフ駆動信号に切り替えて出力する。このため、第 1 D D C 1 0 a の動作が停止される。

【 0 0 3 3 】

なお、第 2 下位制御部 3 0 b は、図 2 (b) に示すように、第 1 下位制御部 3 0 a と同様に、定電圧制御部 3 1 b、定電流制御部 3 2 b、最小値選択部 3 3 b、ピーク電流制御部 3 4 b、電流判定部 3 5 b 及び出力判定部 3 6 b を備えている。各部 3 1 b ～ 3 6 b の機能は、第 1 D D C 1 0 a が備える各部 3 1 a ～ 3 6 a の機能と同じであるが、入力及び出力される信号が異なる。すなわち、定電圧制御部 3 1 b は、第 2 電圧指令値 V_{L2*} に第 2 出力電圧 V_{L2r} をフィードバック制御するための操作量として、出力電流の目標値である第 2 目標電流値 I_{refcv2} を算出する。また、定電流制御部 3 2 b は、第 2 上限電流値 I_{refcc2} を算出する。本実施形態では、第 2 上限電流値 I_{refcc2} は第 2 D D C 1 0 b が定格電流（例えば 3 0 A）で動作するように設定されている。最小値選択部 3 3 b は、第 2 目標電流値 I_{refcv2} と第 2 上限電流値 I_{refcc2} とを比較し、いずれか小さい方の値を選択して出力する。以下では、 I_{refcv2} 及び I_{refcc2} の内、最小値選択部 3 3 a により選択された電流値を第 2 電流指令値 I_{ref2} と記載する。電流判定部 3 5 b 及び出力判定部 3 6 b は、第 2 電流指令値 I_{ref2} が、第 2 D D C 1 0 b を安定的に動作させることができる電流値を下回る場合に、駆動信号 $G_1 \sim G_4$ として第 2 D D C 1 0 b の第 1 ～第 4 スイッチ $Q_1 \sim Q_4$ をオフするオフ駆動信号を出力する。

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、第 2 D D C 1 0 b において、定電圧制御部 3 1 b が第 2 目標電流算出部に相当し、最小値選択部 3 3 b が電流値変更部に相当する。

【 0 0 3 5 】

次に、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b の電力変換効率について説明する。図 3 は、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b それぞれの出力電流に対する電力変換効率 [%] を示す図である。なお、本実施形態では、電力変換システム 1 0 の電力変換効率が下式 (1) により定義されている。

【 0 0 3 6 】

$$= P_{out} / P_{in} \times 100 \quad \dots \quad (1)$$

上式 (1) において、 η は電力変換効率を示し、0 [%] ～ 100 [%] の値である。 P_{out} は、各 D D C 1 0 a , 1 0 b の出力電力を示し、 P_{in} は、各 D D C 1 0 a , 1 0 b の入力電力を示す。

【 0 0 3 7 】

第 1 D D C 1 0 a は、第 2 D D C 1 0 b と比べて電力変換効率が最大となる負荷が異なっている。図 3 に示すように、第 2 D D C 1 0 b は、第 1 負荷領域 LA_1 での電力変換効率が最大となるよう設計され、第 1 D D C 1 0 a は、第 1 負荷領域 LA_1 よりも負荷が大きい第 2 負荷領域 LA_2 での電力変換効率が最大となるよう設計されている。また、第 1 負荷領域 LA_1 の全域において、第 2 D D C 1 0 b の電力変換効率は第 1 D D C 1 0 a の電力変換効率よりも高くなっている。そして、第 2 負荷領域 LA_2 の全域において、第 1 D D C 1 0 a の電力変換効率は第 2 D D C 1 0 b の電力変換効率よりも高くなっている。

【 0 0 3 8 】

本実施形態において、第 2 D D C 1 0 b の定格電流は、第 1 D D C 1 0 a の定格電流よりも小さな値となる。第 1 負荷領域 LA_1 は、0 以上であってかつ第 1 電流閾値 Th_1 以

10

20

30

40

50

下の領域に設定され、第1電流閾値 T_{h1} は第2DDC10bの定格電流に設定されている。また、第2負荷領域 $LA2$ は、第1電流閾値 T_{h1} よりも大きくてかつ第2電流閾値 T_{h2} 以下の領域に設定され、第2電流閾値 T_{h2} は第1DDC10aの定格電流に設定されている。また、第3負荷領域 $LA3$ は、第2電流閾値 T_{h2} よりも大きい領域に設定されている。

【0039】

ここで、第1DDC10aと第2DDC10bとを共に動作させる場合、電力変換システム10の電力変換効率は、例えば、2つのDDC10a, 10bの平均値により算出される。そのため、例えば、負荷領域 $LA1 \sim LA3$ のいずれかにおいて第1DDC10aの電力変換効率が低く、第2DDC10bの電力変換効率が高い場合、電力変換システム10のトータルでの電力変換効率が低くなる場合がある。また、各DDC10a, 10bを単独動作させる場合と比べて、2つのDDC10a, 10bを同時に動作させる場合、動作させるDDC10a, 10bの数だけ内部損失が大きくなる。

10

【0040】

そのため、本実施形態において、上位制御部40は、負荷電流に応じて電力変換システム10の動作を、第1DDC10aの単独動作、第2DDC10bの単独動作及び各DDC10a, 10bの共同動作のいずれかに切り替えることで、電力変換効率を最適化している。

【0041】

図4は、上位制御部40により切り替えられる各動作を説明する図である。本実施形態では、上位制御部40は、低負荷領域である第1負荷領域 $LA1$ では、定格出力が小さい第2DDC10bのみを単独動作させる。また、第1負荷領域よりも負荷が高い第2負荷領域 $LA2$ では、上位制御部40は、定格出力が大きい第1DDC10aのみを単独動作させる。そして、第2負荷領域よりも大きい第3負荷領域 $LA3$ では、上位制御部40は、第1DDC10a及び第2DDC10bを共同で動作させる。

20

【0042】

次に、上位制御部40により実施される各動作の切替処理を説明する。図5は、この切替処理を説明するフローチャートである。図5に示す処理は、上位制御部40により所定周期毎に繰り返し実施される。

【0043】

ステップS10では、第1入力電圧 V_{H1} 、第1出力電圧 V_{L1r} 及び第1電流 I_{H1} を取得する。本実施形態では、第1下位制御部30aが取得した各検出値 V_{H1} 、 V_{L1r} 、 I_{H1} が上位制御部40に出力されることで、各検出値 V_{H1} 、 V_{L1r} 、 I_{H1} を取得する。ステップS10が第1電圧取得部として機能する。

30

【0044】

ステップS11では、第2入力電圧 V_{H2} 、第2出力電圧 V_{L2r} 及び第2電流 I_{H2} を取得する。本実施形態では、第2下位制御部30bが取得した各検出値 V_{H2} 、 V_{L2r} 及び I_{H2} が上位制御部40に出力されることで、各検出値 V_{H2} 、 V_{L2r} 、 I_{H2} を取得する。ステップS11が第2電圧取得部として機能する。

【0045】

ステップS12では、第1蓄電池60の負荷出力として負荷電流 I_o を推定する。負荷電流 I_o は、第1DDC10a及び第2DDC10bのそれぞれから第1蓄電池60へと出力される電流の合計値である。本実施形態では、ステップS10、S11で取得した各検出値と、一次側コイル $L1$ と二次側コイル $L2$ との巻数比とに基づいて、負荷電流 I_o を推定する。ステップS12が、負荷出力取得部に相当する。

40

【0046】

ステップS13、S15では、ステップS12により推定した負荷電流 I_o が、第1負荷領域 $LA1$ に含まれる値であるか、第2負荷領域 $LA2$ に含まれる値であるかを判定する。ステップS13、S15が、負荷判定部として機能する。また、ステップS13、S15での各判定結果に応じて実施する処理S14、S16、S17が動作制御部として機

50

能する。

【0047】

まず、ステップS13では、ステップS12で推定した負荷電流 I_o が第1電流閾値 T_{h1} 以下であるか否かを判定する。第1電流閾値 T_{h1} は、第1負荷領域 $LA1$ と第2負荷領域 $LA2$ との境界を区別する値である。

【0048】

なお、第1電流閾値 T_{h1} は、第2DDC10bの定格電流に所定のマージンを加えた値としてもよい。この場合において、第1電流閾値 T_{h1} は、図3で示す第1DDC10aの電力変換効率が最大となる出力電流よりも大きい値であることが望ましい。

【0049】

ステップS13において、負荷電流 I_o が第1電流閾値 T_{h1} 以下であると判定した場合、負荷電流 I_o が第1負荷領域 $LA1$ に含まれると判定し、ステップS14に進む。ステップS14では、第2DDC10bのみを単独動作させる。上位制御部40は、第1電圧指令値 V_{L1*} を第2電圧指令値 V_{L2*} よりも低い値に設定することで、第2DDC10bのみを単独動作させる。

【0050】

図6は、第2DDC10bを単独動作させる場合に、上位制御部40が実施する各電圧指令値 V_{L1*} 、 V_{L2*} の設定処理を説明する図である。上位電圧指令値 V_P は、第1DDC10a及び第2DDC10b共に同じ値であり、例えば、第1蓄電池60の定格電圧に応じた電圧（例えば14V）に設定されている。この上位電圧指令値 V_P は、例えば、上位制御部40に接続された不図示のECUから出力される。

【0051】

上位制御部40は、上位電圧指令値 V_P から第1所定値 V_1 （例えば0.5V）を引いた値を第1DDC10aの第1電圧指令値 V_{L1*} （例えば13.5V）に設定する。一方、上位制御部40は、上位電圧指令値 V_P をそのまま第2DDC10bの第2電圧指令値 V_{L2*} として設定する。設定された第2電圧指令値 V_{L2*} に基づいて第2下位制御部30bの定電圧制御部31bが第2目標電流値 I_{refcv2} を算出することで、第2出力電圧 V_{L2r} が第2電圧指令値 V_{L2*} に制御される。

【0052】

一方、設定された第1電圧指令値 V_{L1*} に基づいて第1下位制御部30aの定電圧制御部31aが第1目標電流値 I_{refcv1} を算出する。ここで、第1電圧指令値 V_{L1*} が、第1出力電圧センサ22aにより検出された第1出力電圧 V_{L1r} よりも低い値となるため、先の図2の電圧偏差算出器312において、第1出力電圧 V_{L1r} と第1電圧指令値 V_{L1*} との偏差がマイナスの値となる。そのため、定電圧制御部31aから出力される第1目標電流値 I_{refcv1} は、マイナスの偏差がPI制御器313において比例積分された値となる。この第1目標電流値 I_{refcv1} は、最小値選択部33aにより選択され、第1電流指令値 I_{ref1} として電流判定部35aへと出力される。電流判定部35aは、入力された第1電流指令値 I_{ref1} が所定電流値以下になると判定する。その結果、出力判定部36aは、デューティ制限部348から出力された各駆動信号 $G1 \sim G4$ を全てオフ駆動信号に切り替えて出力する。これにより、第1DDC10aの動作が停止され、第2DDC10bのみが単独動作する。

【0053】

図7は、第2DDC10bの単独動作モードにおける第1DDC10a及び第2DDC10bの出力電流の推移を示す図である。図7に示すように、第2DDC10bが単独動作することで、第2DDC10bからの出力電流が第1蓄電池60に流れているが、第1DDC10aからの出力電流が第1蓄電池60に流れていない。

【0054】

先の図5の説明に戻り、ステップS13において負荷電流 I_o が第1電流閾値 T_{h1} を超えていると判定した場合には、ステップS15に進み、負荷電流 I_o が第2電流閾値 T_{h2} 以下であるか否かを判定する。第2電流閾値 T_{h2} は、第2負荷領域 $LA2$ と第3負

10

20

30

40

50

荷領域 LA3 とを区別する値である。

【0055】

なお、第2電流閾値 T_{h2} は第1DDC10aの定格電流に所定マージンを加えたに設定されていてもよい。この場合において、第2電流閾値 T_{h2} は、図3で示す第1DDC10aの電力変換効率が最大となる出力電流よりも大きい値であることが望ましい。

【0056】

ステップS15において負荷電流 I_o が第2電流閾値 T_{h2} 以下であると判定した場合には、負荷電流が第2負荷領域 LA2 に含まれると判定し、ステップS16に進む。ステップS16では、第1DDC10aを単独動作させる。具体的には、上位制御部40は、第2電圧指令値 V_{L2*} を第2電圧指令値 V_{L1*} よりも低い値に設定することで、第1DDC10aを単独動作させる。

10

【0057】

図8は、第1DDC10bを単独動作させる場合に、上位制御部40により実施される各電圧指令値 V_{L1*} , V_{L2*} の設定処理を説明する図である。図8においても、上位電圧指令値 V_P は、例えば、第1蓄電池60の定格電圧に応じた電圧に設定されている。

【0058】

上位制御部40は、上位電圧指令値 V_P から第2所定値 V_2 (例えば0.5V)を引いた値を第2DDC10aの第2電圧指令値 V_{L2*} (例えば13.5V)に設定する。一方、上位制御部40は、上位電圧指令値 V_P をそのまま第1DDC10bの第1電圧指令値 V_{L1*} として設定する。設定された第1電圧指令値 V_{L1*} に基づいて第1DDC10aの定電圧制御部31aが第1目標電流値 I_{refc1} を算出することで、第1出力電圧 V_{L1r} が第1電圧指令値 V_{L1*} に制御される。

20

【0059】

一方、設定された第2電圧指令値 V_{L2*} に基づいて第2DDC10bの定電圧制御部31bが第2目標電流値 I_{refc2} を算出する。ここで、第2電圧指令値 V_{L2*} が検出された第2出力電圧 V_{L2r} よりも低い値となるため、先の図2の電圧偏差算出器312において、第2出力電圧 V_{L2r} と第2電圧指令値 V_{L2*} との偏差がマイナスの値となる。そのため、定電圧制御部31bから出力される第2目標電流値 I_{refc2} は、マイナスの偏差がPI制御器313において比例積分された値となる。この第2目標電流値 I_{refc2} は、最小値選択部33bにより選択され、第2電流指令値 I_{ref2} として電流判定部35bへと出力される。電流判定部35bは、入力された第2電流指令値 I_{ref2} が所定電流値以下になると判定する。その結果、出力判定部36bは、デューティ制限部348から出力された各駆動信号 $G_1 \sim G_4$ を全てオフ駆動信号に切り替えて出力する。これにより、第2DDC10aの動作が停止され、第1DDC10bが単独動作する。

30

【0060】

図9は、第1DDC10aの単独動作モードにおける第1DDC10aと第2DDC10bの出力電流を示す図である。図9では、第1DDC10aが動作することで、この第1DDC10aからの出力電流が第1蓄電池60に流れ、第2DDC10bからの出力電流が第1蓄電池60に流れていない。

40

【0061】

先の図5の説明に戻り、負荷電流 I_o が第2電流閾値 T_{h2} を超えていると判定した場合(ステップS15:NO)、負荷電流 I_o が第3負荷領域 LA3 に含まれると判定し、ステップS17に進む。ステップS17では、第1DDC10aと第2DDC10bとを共同で動作させる。本実施形態では、第2DDC10bをその定格電流で動作させ、第1DDC10aを第1電圧指令値 V_{L1*} で動作させる。

【0062】

図10は、第1DDC10aと第2DDC10bとを共同動作させる場合に、上位制御部40により実施される各電圧指令値 V_{L1*} , V_{L2*} の設定処理を説明する図である。図11は、第1DDC10aと第2DDC10bとの出力波形を説明する図である。

50

【0063】

上位制御部40は、上位電圧指令値VPから第3所定値V3（例えば0.5V）を加えた値を第2DDC10aの第2電圧指令値VL2*（例えば14.5V）に設定する。一方、上位制御部40は、上位電圧指令値VPをそのまま第1DDC10bの第1電圧指令値VL1*として設定する。設定された第1電圧指令値VL1*に基づいて第1下位制御部30aの定電圧制御部31aが第1目標電流値Irefcv1を算出することで、第1出力電圧VL1rが第1電圧指令値VL1*に制御される。

【0064】

一方、設定された第2電圧指令値VL2*に基づいて第2下位制御部30bの定電圧制御部31bは、第2目標電流値Irefcv2を算出する。しかし、第2電圧指令値VL2*が、第2出力電圧VL2rよりも高い値となるため、第2目標電流値Irefcv2は、第2出力電圧VL2rと第2電圧指令値VL2*とのプラスの偏差を比例積分した値となる。そのため、最小値選択部33bは、定電圧制御部31bから出力された第2目標電流値Irefcv2よりも小さい値である第2上限電流値Irefcc2を選択し、この第2上限電流値Irefcc2を第2電流指令値Iref2としてピーク電流制御部34bに出力する。ピーク電流制御部34bは、第2電流指令値Iref2に応じて、各スイッチQ1～Q4をオン・オフする。これにより、第1出力電圧VL1rが第1電圧指令値VL1*に制御されるよう定電圧制御により第1DDC10aが動作し、第2DDC10aの出力電流がその定格電流に制御されるよう定電流制御により第2DDC10bが動作する。

【0065】

そして、ステップS14、S16、S17のいずれかの処理を終了した場合、図5の処理を一旦終了する。

【0066】

上記構成により、本実施形態に係る電力変換システム10は、以下の効果を奏する。

【0067】

図12は、電力変換システム10の電力変換効率を説明する図である。図12では、横軸を負荷である出力電流とし、縦軸を電力変換効率とする図である。図12では、第1DDC10aを単独で動作させた場合の効率カーブと、第2DDC10bを単独で動作させた場合の効率カーブと、第1DDC10a及び第2DDC10bを共に動作させた場合の効率カーブとをそれぞれ示している。

【0068】

第1蓄電池60に並列に接続された第1DDC10aと第2DDC10bとを同時に動作させる場合、第1負荷領域LA1及び第2負荷領域LA2において、DDC10a、10bを単独で動作させる場合よりも電力変換効率が低下している。これは、各DDC10a、10bを共同動作させる場合では、トランスの鉄損といった内部損失が、単独で動作させる場合よりも大きくなるためである。

【0069】

そのため、上位制御部40は、負荷電流Ioが第1負荷領域LA1に含まれる値であると判定した場合に、第2DDC10bを単独動作させる。また、負荷電流Ioが第2負荷領域LA2に含まれる値であると判定した場合に、第1DDC10aを単独動作させる。その結果、第1負荷領域LA1及び第2負荷領域LA2において、第1DDC10a及び第2DDC10bを共同で動作させる場合よりも、電力変換効率を高めている。なお、上位制御部40は、負荷電流Ioが第2負荷領域LA2よりも大きい第3負荷領域LA3に含まれると判定した場合は、第1DDC10a、及び第2DDC10bを共に動作させる。そのため、負荷電流Ioに応じて、第1DDC10aと第2DDC10bとを電力変換効率が低い負荷領域でそれぞれ単独で動作させることができるため、各負荷において最適な効率カーブを組み合わせたものが電力変換システム10の電力変換効率となる。その結果、電力変換システム10の電力変換効率を最適化することができる。

【0070】

また、各 D D C 1 0 a , 1 0 b は定格電流付近において電力変換効率が最大となるよう設計されている。この点、上記構成では、負荷電流 I_o が第 2 D D C 1 0 b の定格電流以下の値である場合に負荷電流 I_o が第 1 負荷領域 L A 1 に含まれていると判定することとした。この場合、定格電流という数値化された値を用いて、負荷電流がいずれの負荷領域に含まれるかを判定することができるため、負荷電流がいずれの負荷領域に含まれているかの判定精度を高め、高い電力変換効率で第 2 D D C 1 0 b を動作させることができる。

【 0 0 7 1 】

また、第 1 D D C 1 0 a の定格電流が、第 2 D D C 1 0 b の定格電流よりも大きく設定されており、上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 2 D D C 1 0 b の定格電流以上の値であって、かつ第 1 D D C 1 0 a の定格電流以下の値である場合に負荷電流 I_o が第 2 負荷領域 L A 2 に含まれていると判定することとした。この場合も同様に、負荷電流 I_o がいずれの負荷領域に含まれているかの判定精度を高めることができ、高い電力変換効率で第 1 D D C 1 0 a を動作させることができる。

【 0 0 7 2 】

上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 1 負荷領域 L A 1 に含まれていると判定した場合に第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ を第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ よりも低い値に設定することで第 2 D D C 1 0 b のみを動作させることとした。また、上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 2 負荷領域 L A 2 に含まれていると判定した場合に第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ を第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ よりも低い値に設定することで第 1 D D C 1 0 b のみを動作させることとした。

【 0 0 7 3 】

この場合、第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ を第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ よりも低い値に設定することで、第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ と第 1 出力電圧 $V L 1 r$ との偏差が比例積分された値が第 1 D D C 1 0 a の出力電圧を設定するフィードバック制御の操作量として算出される。また、第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ を第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ よりも低い値に変更することで、第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ と第 2 出力電圧 $V L 2 r$ との偏差が比例積分された値が第 2 D D C 1 0 b の出力電圧を設定するフィードバック制御の操作量として算出される。そして、停止制御部である電流判定部 3 5 a , 3 5 b と出力判定部 3 6 a , 3 6 b とが操作量を所定閾値と比較し、操作量が所定閾値を下回る場合は第 1 D D C 1 0 a 又は第 2 D D C 1 0 b の動作を停止する。この場合、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b が互いに情報をやりとりすることのない簡易な手法により、いずれかの D D C 1 0 a , 1 0 b を単独動作させることができる。

【 0 0 7 4 】

また、上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 3 負荷領域 L A 3 に含まれていると判定した場合に、第 1 D D C 1 0 a の出力電圧が第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ となるように第 1 D D C 1 0 a を動作させ、かつ第 2 D D C 1 0 b の出力電流がその定格電流となるように第 2 D D C 1 0 b を動作させることとした。この場合、第 1 D D C 1 0 a と第 2 D D C 1 0 b とを共に動作させている状況において、第 2 D D C 1 0 b を定格電流付近で動作させることができ、第 2 D D C 1 0 b を高い電力変換効率で動作させることができる。

【 0 0 7 5 】

また、上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 3 負荷領域 L A 3 に含まれていると判定した場合は、第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ を第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ よりも大きくすることで、第 2 D D C 1 0 b を定格電流付近で動作させることとした。

【 0 0 7 6 】

この場合、第 1 下位制御部 3 0 a は、第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ に出力電圧 $V L 1 r$ をフィードバック制御する。その結果、第 1 蓄電池 6 0 の電圧値は、この第 1 電圧指令値 $V L 1 *$ により指定された値となる。一方、第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ は第 1 蓄電池 6 0 を検出した第 2 出力電圧 $V L 2 r$ よりも高い値となるため、第 2 出力電圧 $V L 2 r$ と第 2 電圧指令値 $V L 2 *$ との偏差がプラスの値となる。そのため、第 2 下位制御部 3 0 b の定電圧制御部 3 1 b から出力される第 2 目標電流値 $I r e f c v 2$ は、プラスの偏差が比例積分さ

10

20

30

40

50

れた値となる。そして、第2下位制御部30bの最小値選択部33bは、第2目標電流値 I_{refcv2} と第2上限電流値 I_{refcc2} の内、値の小さい第2上限電流値 I_{refcc2} を選択し、この第2上限電流値 I_{refcc2} を第2電流指令値 I_{ref2} として第2DDC10bを動作させる。これにより、第1DDC10aが第1電圧指令値 V_{L1*} で動作し、第2DDC10aが定格電流付近で動作する。そのため、電圧指令値を変更するだけの簡易な手法により、第2DDC10bを定格電流付近で動作させることができる。

【0077】

(第2実施形態)

以下、第1実施形態と異なる構成を中心に説明を行う。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、図中、同一符号を付しており、同一符号の部分についてはその説明を援用する。

【0078】

本実施形態では、負荷電流 I_o が第3負荷領域 $LA3$ であり、かつ負荷電流 I_o が第2DDC10bの定格電流の2倍以下の場合、上位制御部40は、第1DDC10aの出力電流と第2DDC10bの出力電流とを均等化する均等化制御を行う。図13は、本実施形態において、上位制御部40が各動作の切替え処理を説明するフローチャートである。なお、ステップ $S11 \sim S16$ までの処理は、第1実施形態と同様であり、その説明を適宜省略している。

【0079】

本実施形態では、ステップ $S13$ の第1電流閾値 $Th11$ が、第2DDC10bの定格電流よりも小さい値(例えば20A)に設定されている。また、ステップ $S15$ の第2電流閾値 $Th12$ が、第2DDC10bの定格電流よりも大きくてかつ第1DDC10bの定格電流よりも小さい値(例えば40A)に設定されている。

【0080】

図13のステップ $S15$ において負荷電流 I_o が第2電流閾値 $Th12$ を超えていると判定した場合には、ステップ $S21$ に進み、負荷電流 I_o が第3電流閾値 $Th13$ 以下であるか否かを判定する。本実施形態において、第3電流閾値 $Th13$ は、第2電流閾値 $Th12$ よりも大きく、かつ第2DDC10bの定格電流を2倍した値(例えば60A)に設定されている。すなわち、負荷電流 I_o が第3電流閾値 $Th13$ 以下であれば、均等化制御を実施する場合に、第2DDC10bの出力電流を定格電流以下にできる。

【0081】

ステップ $S21$ において負荷電流 I_o が第3電流閾値 $Th13$ 以下であると判定した場合には、ステップ $S22$ に進み、均等化制御を実施する。

【0082】

図14は、均等化制御を実施する場合の上位制御部40の制御を説明する図である。図14においても、上位電圧指令値 V_P は、例えば、第1蓄電池60の定格電圧に応じた電圧に設定されている。

【0083】

電流偏差算出器401は、出力電流平均値 I_{ave*} から第1電流 I_{H1} を減算することにより偏差を算出する。ここで、出力電流平均値 I_{ave*} は、第1電流センサ23aで検出された第1電流 I_{H1} と、第2電流センサ23bで検出された第2電流 I_{H2} との平均値である。PI制御器402は、電流偏差算出器401により算出された偏差に基づく比例積分制御により、補正電圧 V_{LB} を算出する。徐変器403は、PI制御器402により算出された補正電圧 V_{LB} に徐変処理を施して出力する。第1加算器404は、徐変処理が施された補正電圧 V_{LB} と上位電圧指令値 V_P との加算値を、第1電圧指令値 V_{L1*} に設定する。第2加算器405は、徐変処理が施された補正電圧 V_{LB} の符号反転値と上位電圧指令値 V_P との加算値を、第2電圧指令値 V_{L2*} に設定する。

【0084】

図14に示す処理によれば、第1電圧指令値 V_{L1*} と第2電圧指令値 V_{L2*} とは、

10

20

30

40

50

出力電流を均等化させるよう補正される。これにより、図 15 に示すように、第 1 D D C 1 0 a の出力電流と第 2 D D C 1 0 b の出力電流とが均等化されて出力される。そのため、図 16 に示すように、負荷電流が第 3 負荷領域 L A 3 であり、かつ負荷電流が第 2 D D C 1 0 b の定格電流の 2 倍以下の場合は、第 1 D D C 1 0 a と第 2 D D C 1 0 b との出力電流は第 1 蓄電池 6 0 に対して均等に出力される。

【 0 0 8 5 】

先の図 13 の説明に戻り、ステップ S 2 1 において負荷電流 I_o が第 3 電流閾値 T_{h1} 3 を超えていると判定した場合には、ステップ S 1 7 に進む。そのため、図 16 に示すように、負荷電流が第 3 負荷領域 L A 3 であり、かつ負荷電流が第 2 D D C 1 0 b の定格電流を 2 倍した値を上回る場合は、第 1 D D C 1 0 a は電圧指令値 V_{L2}^* で動作し、第 2 D D C 1 0 b は定格電流付近で動作する。

【 0 0 8 6 】

上記構成により、本実施形態に係る電力変換システム 1 0 は、以下の効果を奏する。

【 0 0 8 7 】

上位制御部 4 0 は、負荷電流 I_o が第 2 負荷領域 L A 2 よりも高い値であり、かつ負荷電流 I_o が第 2 D D C 1 0 b の定格電流を 2 倍した値以下である場合に、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b の出力電流を均等化するように第 1 D D C 1 0 a と第 2 D D C 1 0 b とを動作させることとした。この場合、各 D D C 1 0 a , 1 0 b のいずれかに負荷が偏るのを抑制でき、D D C 1 0 a , 1 0 b 間で寿命がばらつくのを抑制することができる。

【 0 0 8 8 】

(その他の実施形態)

・各電流閾値 T_{h1} , T_{h2} , T_{h3} を、電力変換システム 1 0 の電力変換効率、第 1 D D C 1 0 a の電力変換効率、及び第 2 D D C 1 0 b の電力変換効率の関係に基づいて決定するものであってもよい。この場合、第 1 電流閾値 T_{h1} は第 1 負荷領域 L A 1 において、以下の式 (2) を満たす、第 2 D D C 1 0 b の最大出力電流に基づいて決定される。

$$I_{21} = (I_{11} + I_{22}) / 2 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、 I_{11} は、第 1 負荷領域における第 1 D D C 1 0 a の出力電流に応じた電力変換効率、 I_{22} は、第 2 D D C 1 0 b の出力電流 I_o2 に応じた電力変換効率である。

【 0 0 8 9 】

第 2 電流閾値 T_{h2} は、第 2 負荷領域において、以下の式 (3) を満たす、第 1 D D C 1 0 a の最大出力電流に基づいて決定される。

$$I_{21} = (I_{21} + I_{22}) / 2 \quad \dots \quad (3)$$

ここで、 I_{21} は、第 2 負荷領域における第 1 D D C 1 0 a の出力電流に応じた電力変換効率、 I_{22} は、第 2 D D C 1 0 b の出力電流 I_o2 に応じた電力変換効率である。

【 0 0 9 0 】

・第 2 実施形態において、上位制御部 4 0 が実施する均等化制御を以下のように構成してもよい。具体的には、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b のいずれかの電圧指令値 V_L^* を、他方の電圧指令値 V_L^* に合わせることで、第 1 D D C 1 0 a と第 2 D D C 1 0 b の出力電流を第 1 蓄電池 6 0 に対して均等化する。この場合において、値の大きい電圧指令値 V_L^* を値の小さい電圧指令値 V_L^* に合わせることで負荷電流を低減することができる。

【 0 0 9 1 】

・上位制御部 4 0 は、各電流 I_{H1} , I_{H2} に基づいて出力電流 (負荷電流) を推定する以外にも、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b の出力電流を負荷電流として検出してもよい。この場合、第 1 D D C 1 0 a 及び第 2 D D C 1 0 b は、リアクトル 1 5 から出力される電流量を検出する電流検出部を備えており、この電流検出部の検出結果を出力電流として検出し、上位制御部 4 0 に出力する。

【 0 0 9 2 】

・定電圧制御部 3 1 a , 3 1 b は、電圧指令値 V_L^* と出力電圧 V_{Lr} との偏差を比例

10

20

30

40

50

積分制御した値に基づいて目標電流値を算出することに代えて、電圧指令値 V_L^* と出力電圧 V_Lr との偏差を比例制御及び積分制御した値のいずれかに基づいて目標電流値を算出するものであってもよい。

【0093】

・上位制御部40が推定する負荷出力としては、第1DDC10a及び第2DDC10bのそれぞれから出力される電力であってもよい。この場合、出力定格値として、定格電流に代えて、定格電力が用いられる。

【0094】

・制御装置を、上位制御部40、下位制御部30a, 30bにより分割して構成したことは一例に過ぎない。これに代えて、一つの制御部が、上位制御部40及び下位制御部30a, 30bの各機能を備える構成であってもよい。

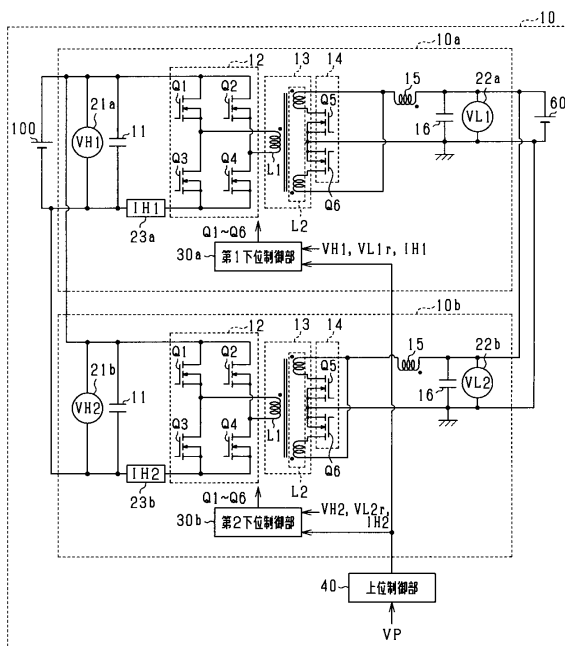
10

【符号の説明】

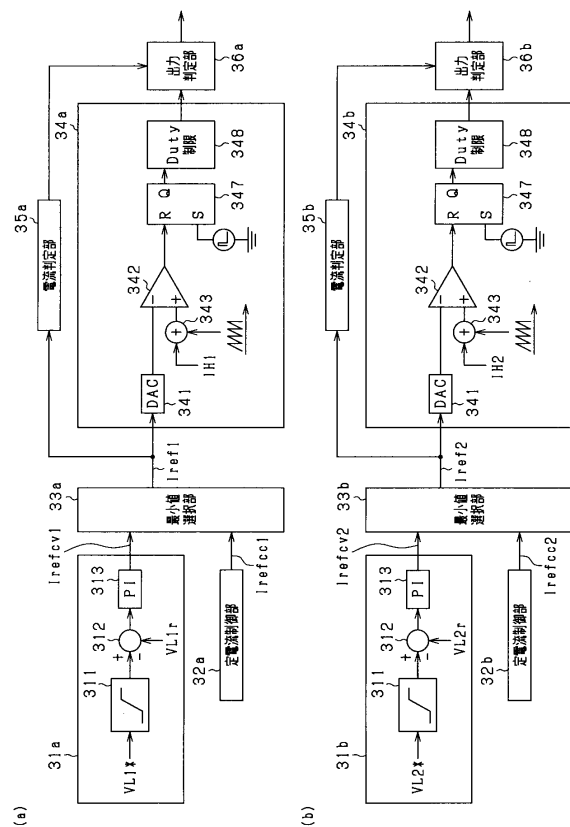
【0095】

10...電力変換システム、10a...第1DC/DCコンバータ、10b...第2DC/Dコンバータ、30a, 30b...下位制御部、40...上位制御部、60...第1蓄電池。

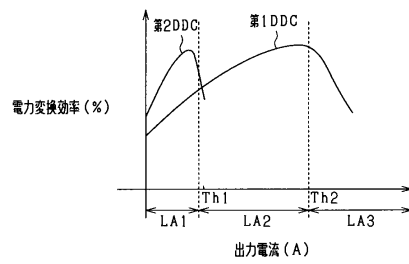
【図1】



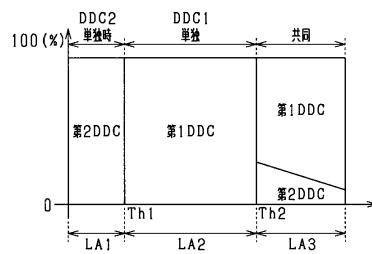
【図2】



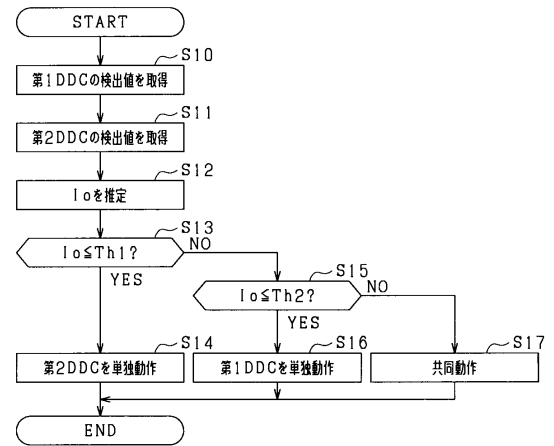
【図 3】



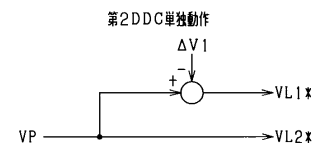
【図 4】



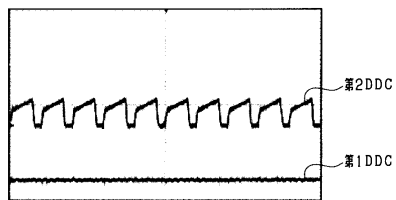
【図 5】



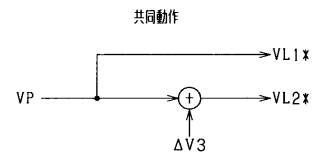
【図 6】



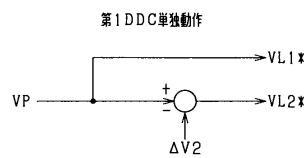
【図 7】



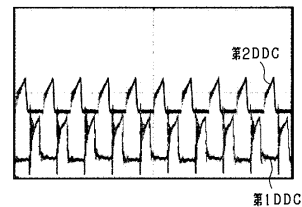
【図 10】



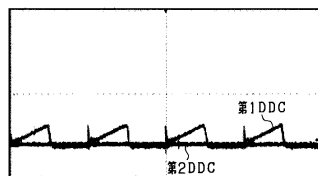
【図 8】



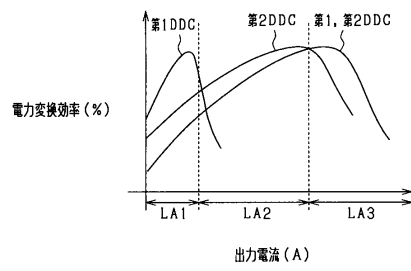
【図 11】



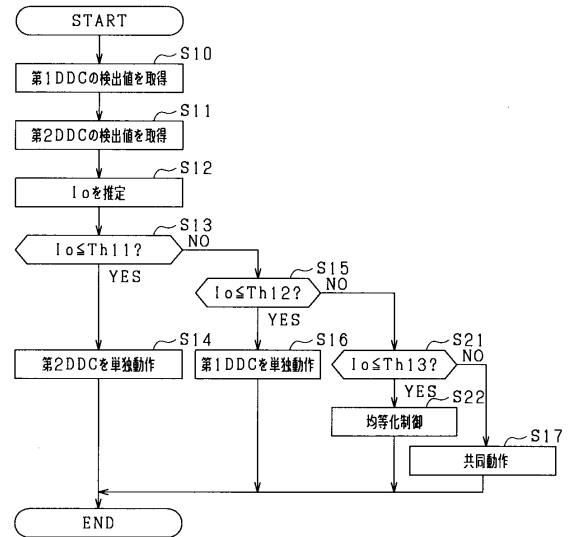
【図 9】



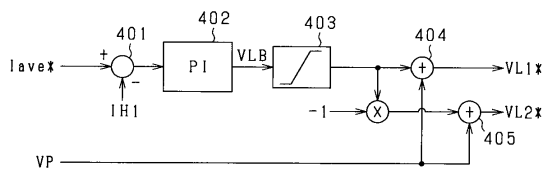
【図 12】



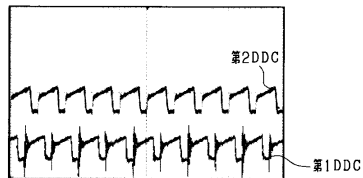
【図 13】



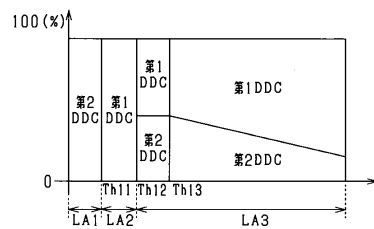
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

- (72)発明者 居安 誠二
愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
- (72)発明者 半田 祐一
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 林 裕二
愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

審査官 小林 秀和

- (56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 2 4 4 8 6 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 1 6 3 0 5 1 (U S , A 1)
特開 2 0 0 3 - 1 9 9 2 0 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| H 0 2 M | 3 / 2 8 |
| H 0 2 J | 1 / 1 0 |
| H 0 2 M | 3 / 1 5 5 |