

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第6996468号
(P6996468)

(45)発行日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(24)登録日 令和3年12月20日(2021.12.20)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 J 7/35 (2006.01)

H 0 2 J 7/35 K

H 0 2 J 3/32 (2006.01)

H 0 2 J 3/32

H 0 2 J 3/38 (2006.01)

H 0 2 J 3/38 1 5 0

H 0 2 M 3/155(2006.01)

H 0 2 J 3/38 1 3 0

G 0 5 F 1/67 (2006.01)

H 0 2 M 3/155 U

請求項の数 10 (全19頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-189341(P2018-189341)

(22)出願日 平成30年10月4日(2018.10.4)

(65)公開番号 特開2020-58206(P2020-58206A)

(43)公開日 令和2年4月9日(2020.4.9)

審査請求日 令和3年3月18日(2021.3.18)

(73)特許権者 000004260

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 100106149

弁理士 矢作 和行

(74)代理人 100121991

弁理士 野々部 泰平

(74)代理人 100145595

弁理士 久保 貴則

(72)発明者 土屋 静男

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

審査官 辻丸 詔

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】

直流負荷(20)と、

光を電力に変換する太陽電池(30)と、

電力を蓄電し、電力を放電する蓄電池(40)と、

少なくともひとつのスイッチング素子(62a)とリアクトル(62r)とを有し、前記

直流負荷のための第1コンバータ回路(62)と、

少なくともひとつのスイッチング素子(63a)とリアクトル(63r)とを有し、前記

太陽電池のための第2コンバータ回路(63)と、

少なくともひとつのスイッチング素子(64a)とリアクトル(64r)とを有し、前記

蓄電池のための第3コンバータ回路(64)と、

系統(10)から供給される交流電力を直流電力に整流し、前記直流負荷と、前記第1コ

ンバータ回路との間に、整流された直流電力を供給する系統電源(50)と、

複数の前記スイッチング素子を制御する制御装置(61)とを備え、

複数の前記リアクトルは、接続点(60a)において星型結線されており、

前記制御装置は、少なくとも(1)前記太陽電池から前記直流負荷への電力の供給、(2)

前記太陽電池から前記蓄電池への電力の供給、および(3)前記蓄電池から前記直流負

荷への電力の供給を可能とするように前記接続点の電圧を制御する電力変換装置。

【請求項2】

さらに、前記制御装置は、(4)前記系統電源から前記蓄電池への電力の供給を可能とす

るように前記接続点の電圧を制御する請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記制御装置は、

前記太陽電池の最大電力点追従制御を実行するように前記第 2 コンバータ回路を制御しており、

前記制御装置は、

前記太陽電池に流れる電流を発電電流値とし、

前記蓄電池に流れる電流を蓄電池電流値とし、

前記直流負荷に供給することが必要とされる電流を負荷電流指令値として、

前記接続点において、

負荷電流指令値 + 発電電流値 + 蓄電池電流値 = 0

が成立するように蓄電池電流を制御する請求項 1 または請求項 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

さらに、複数の前記スイッチング素子に逆並列に接続された複数のダイオードを備え、

前記制御装置は、前記接続点の電圧が、前記太陽電池の電圧、または前記蓄電池の電圧のうち、最も低い最低電圧、または前記最低電圧に前記ダイオードにおける電圧降下を加えた電圧になるように、複数の前記スイッチング素子を制御する請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の電力変換装置。

【請求項 5】

前記制御装置は、

前記第 3 コンバータ回路の前記スイッチング素子をフィードバック制御するフィードバック系を有し、

前記制御装置は、

前記太陽電池の発電量の急減や前記直流負荷の急激な変動を含む急変に応答して、前記急変から所定期間にわたり、前記フィードバック系のゲインを所定値より大きい補強ゲインに設定し、前記所定期間の後に前記補強ゲインより小さいゲインに戻す請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の電力変換装置。

【請求項 6】

前記補強ゲインは、前記急変の後、前記蓄電池の電流が所定電流値に達するまで設定される請求項 5 に記載の電力変換装置。

【請求項 7】

前記制御装置は、前記所定期間の後に、前記フィードバック系のゲインを前記補強ゲインから、定常時のゲインに戻す請求項 5 または請求項 6 に記載の電力変換装置。

【請求項 8】

前記補強ゲインは、前記蓄電池の充放電応答性を高め、前記蓄電池の電流の立ち上がりを改善する請求項 5 から請求項 7 のいずれかに記載の電力変換装置。

【請求項 9】

前記第 1 コンバータ回路は、平滑コンデンサ (6 2 f) と、降圧用のスイッチング素子 (6 2 a) と、昇圧用のスイッチング素子 (6 2 b) とを有し、

前記制御装置は、

前記太陽電池の電圧と前記蓄電池の電圧が共に前記直流負荷の電圧よりも高く、前記太陽電池から前記蓄電池へ電力を供給するとき、前記平滑コンデンサの充電による過電圧を防止するために、前記平滑コンデンサの放電回路を閉じる請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の電力変換装置。

【請求項 10】

前記制御装置は、前記降圧用のスイッチング素子を、前記平滑コンデンサの電圧によって決められるパルス幅で閉じて前記放電回路を提供する請求項 9 に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

この明細書における開示は、電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1 - 3は、交流電力を供給する系統と、直流による蓄電池と、直流による太陽発電装置（太陽電池）と、負荷とを含む電力供給システムを開示している。従来技術として列挙された先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2012 - 175792号公報

特開2014 - 230455号公報

特開2015 - 195674号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来技術の構成では、系統から電力を供給される負荷と、太陽電池および蓄電池とを連携させる必要がある。このため、電力変換に伴う電力損失、制御の複雑化を生じる。上述の観点において、または言及されていない他の観点において、電力変換装置にはさらなる改良が求められている。

【0005】

開示されるひとつの目的は、直流負荷と太陽電池と蓄電池と系統電源とを含む複数の直流機器の間における電力変換を可能とする電力変換装置を提供することである。

【0006】

開示される他のひとつの目的は、直流負荷と太陽電池と蓄電池と系統電源とを含む複数の直流機器の間における高効率の電力変換を可能とする電力変換装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

ここに開示された電力変換装置は、直流負荷（20）と、光を電力に変換する太陽電池（30）と、電力を蓄電し、電力を放電する蓄電池（40）と、少なくともひとつのスイッチング素子（62a）とリアクトル（62r）とを有し、直流負荷のための第1コンバータ回路（62）と、少なくともひとつのスイッチング素子（63a）とリアクトル（63r）とを有し、太陽電池のための第2コンバータ回路（63）と、少なくともひとつのスイッチング素子（64a）とリアクトル（64r）とを有し、蓄電池のための第3コンバータ回路（64）と、系統（10）から供給される交流電力を直流電力に整流し、直流負荷と、第1コンバータ回路との間に、整流された直流電力を供給する系統電源（50）と、複数のスイッチング素子を制御する制御装置（61）とを備え、複数のリアクトルは、接続点（60a）において星型結線されており、制御装置は、少なくとも（1）太陽電池から直流負荷への電力の供給、（2）太陽電池から蓄電池への電力の供給、および（3）蓄電池から直流負荷への電力の供給を可能とするように接続点の電圧を制御する。

【0008】

開示される電力変換装置によると、複数のリアクトルは、接続点において星型結線されている。制御装置は、第1コンバータ回路、第2コンバータ回路、および第3コンバータ回路を制御する。制御装置は、少なくとも（1）太陽電池から直流負荷への電力の供給を可能とする。制御装置は、少なくとも（2）太陽電池から蓄電池への電力の供給を可能とする。制御装置は、少なくとも（3）蓄電池から直流負荷への電力の供給を可能とする。この結果、直流負荷と太陽電池と蓄電池と系統電源とを含む複数の直流機器の間における電力変換が可能となる。

【0009】

この明細書における開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに

10

20

30

40

50

異なる技術的手段を採用する。請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態の部分との対応関係を例示的に示すものであって、技術的範囲を限定することを意図するものではない。この明細書に開示される目的、特徴、および効果は、後続の詳細な説明、および添付の図面を参照することによってより明確になる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態に係る電力変換装置のブロック図である。

【図2】制御装置が提供する機能を示す機能ブロック図である。

【図3】電力変換装置の動作モードを示す一覧表である。

【図4】電流電圧出力特性を示すグラフである。

10

【図5】制御モードの切換え時における波形を示す波形図である。

【図6】制御モードの切換え時におけるフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図面を参照しながら、複数の実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的および/または構造的に対応する部分および/または関連付けられる部分には同一の参照符号、または百以上の位が異なる参照符号が付される場合がある。対応する部分および/または関連付けられる部分については、他の実施形態の説明を参照することができる。

【0012】

第1実施形態

20

図1において、電力システム1は、一般家庭、または事業所を含む需要施設に設置されている。電力システム1は、交流電力を供給する系統10から給電される。系統10は、多くの場合、いわゆる商用電力によって提供される。系統10は、需要施設内の私設発電所によって提供されてもよい。

【0013】

(回路)

電力システム1は、直流負荷(DCLD)20を有する。直流負荷20は、電力システム1の主要な負荷である。直流負荷20は、直流電力を供給されて機能する負荷である。直流負荷20は、例えば、給湯器である。直流負荷20は、例えば、貯湯式の給湯器である。給湯器は、例えば、熱源と給湯設備を備える。熱源は、電気式のヒータ、または蒸気圧縮式ヒートポンプによって提供することができる。蒸気圧縮式ヒートポンプは、例えば、自然冷媒(二酸化炭素)を利用するヒートポンプによって提供することができる。直流負荷20は、少なくともインバータ(INV)21を備える。インバータ21は、直流電源を交流化する。直流負荷20は、インバータ21によって電力供給される電動機を有する。電動機は、ヒートポンプの圧縮機を駆動する。直流負荷20の入力電圧は、定格288V±10%である。

30

【0014】

直流負荷20は、利用者からの指令により、または予め設定された時間帯におけるタイマー指令によって給湯運転を実行する。この給湯運転の際、利用される湯、または貯えられる湯を沸き上げるために電力を消費する。直流負荷20は、太陽電池、蓄電池、および系統電源の少なくともひとつから供給される電力によって機能する。直流負荷20は、例えば、系統10の電力を有利な条件で利用できる時間帯に系統電力を利用する。また、直流負荷20は、後述する太陽電池または蓄電池から電力を利用できる場合に、それらの電力を利用する。

40

【0015】

電力システム1は、太陽電池(SB)30を有する。太陽電池30は、光を直流電力に変換し、出力する。太陽電池30は、直流発電装置とも呼ばれる。太陽電池30は、自然エネルギー発電装置とも呼ばれる。太陽電池30の発電出力は、太陽光の強弱によって変動する。太陽電池30の発電出力は、70V~350Vの範囲で変動する。

【0016】

50

電力システム 1 は、蓄電池 40 を有する。蓄電池 40 は、電力を蓄電し、電力を放電する。蓄電池 40 は、系統 10 から供給される電力の余剰分、または、太陽電池 30 の発電出力の余剰分によって充電される。蓄電池 40 は、蓄電した電力を直流負荷 20 に供給するために放電する。蓄電池 40 は、定置型の主電池 41 を含む。蓄電池 40 は、脱着可能な副電池を含む場合がある。蓄電池 40 は、副電池のためのパワーコンディショナー（PCS）42 を有する。副電池としては、ハイブリッド車両や電気車両に搭載された走行用電池によって提供することができる。主電池 41 および/または副電池は、リチウムイオン電池、ニッケルカドミウム電池など多様な電池によって供給することができる。副電池がリチウムイオン電池である場合、パワーコンディショナー 42 は、リチウムイオン電池用の双方向パワーコンディショナーによって提供される。なお、電力システム 1 は、主電池 41 だけを備える場合がある。

10

【0017】

電力システム 1 は、系統電源 50 を有する。系統電源 50 は、全波整流装置 51 を有する。全波整流装置 51 は、入力される交流を、直流に変換して出力する。全波整流装置 51 は、ダイオードブリッジ回路によって提供されている。全波整流装置 51 は、複数のスイッチング素子を含むインバータによって提供されてもよい。スイッチング素子は、以下、SW 素子と呼ばれる。全波整流装置 51 は、二相全波整流装置である。全波整流装置 51 は、例えば、系統 10 が三相交流を供給する場合には、三相全波整流装置によって提供される。SW 素子は、ダイオード、トランジスタ、MOSFET、IGBT（絶縁ゲート形バイポーラトランジスタ）、サイリスタなど多様な素子によって提供することができる。系統 10 と全波整流装置 51 とは、系統 10 から電力を供給される系統電源 50 を提供する。系統電源 50 は、電力システム 1 における主要な電源を供給する。

20

【0018】

この実施形態では、太陽電池 30 も直流電源を供給する。しかし、太陽電池 30 は、主要な電源ではなく、副電源である。系統電源 50 が供給する電力は、副電源が供給する電力より安定している。

【0019】

電力システム 1 は、電力変換装置 60 を有する。電力変換装置 60 は、マルチ DC - DC 変換器とも呼ばれる。電力変換装置 60 は、複数の直流機器の間において、機器間に流れる直流電力を制御する。複数の直流機器は、少なくとも直流負荷 20 および系統電源を含む。複数の直流機器は、少なくとも太陽電池 30 または蓄電池 40 を含む。複数の直流機器は、少なくとも直流負荷 20、系統電源、太陽電池 30、および蓄電池 40 を含む。電力変換装置 60 は、複数の接地端子 G、系統電源端子 A、出力端子 O、太陽電池端子 S、および蓄電池端子 B を含む。直流負荷 20 は、出力端子 O と接地端子 G との間に接続されている。太陽電池 30 は、太陽電池端子 S と接地端子 G との間に接続されている。蓄電池 40 は、蓄電池端子 B と接地端子 G との間に接続されている。全波整流装置 51、すなわち系統電源 50 は、系統電源端子 A と接地端子 G との間に接続されている。

30

【0020】

電力変換装置 60 は、制御装置（CNT）61 を有する。制御装置 61 は、電力変換装置 60 を制御するための制御システムを提供する。制御装置 61 は、中央処理装置（CPU）61a と、メモリ（MMR）61b とを備える。制御装置 61 は、後述する複数のセンサから検出信号を入力し、複数の制御対象である複数のスイッチング素子を制御する。

40

【0021】

この明細書における制御装置は、電子制御装置（Electronic Control Unit）である。制御装置は、コンピュータまたはマイクロコンピュータとも呼ばれる。制御装置は、制御対象を制御するための制御システムを提供する。この明細書における少なくともひとつの機能は、その機能を提供するように構成された少なくともひとつの制御装置によって提供される。「機能を提供するように構成された少なくともひとつの制御装置」の語は、（1）記憶媒体に記録されたソフトウェアおよびそれを実行するハードウェア、（2）ソフトウェアのみ、あるいは（3）ハードウェアのみによって提供すること

50

ができる。制御装置は、if - then - else形式と呼ばれるロジック、または機械学習によってチューニングされた学習済みモデル、例えばニューラルネットワークによって提供される。

【0022】

制御装置の一例は、少なくともプログラムを格納したメモリと、このプログラムを実行する少なくともひとつのプロセッサとを備えるコンピュータである。この場合、プロセッサは、CPU: Central Processing Unit、またはGPU: Graphics Processing Unitなどと呼ばれる。メモリは、記憶媒体とも呼ばれる。メモリは、プロセッサによって読み取り可能な「プログラムおよび/またはデータ」を非一時的に格納する非遷移的かつ実体的な記憶媒体である。記憶媒体は、半導体メモリ、磁気ディスク、または光学ディスクなどによって提供される。プログラムは、複数のコンピュータインストラクションを含む。プログラムは、プロセッサによって実行されることによって、プロセッサをこの明細書に記載される装置として機能させ、この明細書に記載される方法を実行するようにプロセッサを機能させる。プログラムは、それ単体で、またはプログラムが格納された記憶媒体として流通する場合がある。

10

【0023】

制御装置の一例は、多数の論理ユニットを含むデジタル回路、またはアナログ回路を含むプロセッサを備えるコンピュータである。この場合、プロセッサは、PGA: Programmable Gate Array、FPGA: Field Programmable Gate Array、CPLD: Complex Programmable Logic Deviceなどと呼ばれる。プロセッサは、「プログラムおよび/またはデータ」を格納したメモリを備える場合がある。

20

【0024】

この明細書における少なくともひとつの機能は、その機能を提供するように構成された少なくともひとつのプロセッサによって提供される。「機能を提供するように構成された少なくともひとつのプロセッサ」の語は、データ通信装置によってリンクされた複数のプロセッサを含む場合がある。「機能を提供するように構成された少なくともひとつのプロセッサ」の語は、(1)ソフトウェアにより上記機能を達成する場合と、(2)ハードウェアによって上記機能を達成する場合と、(3)ソフトウェアとハードウェアとの両方により上記機能を達成する場合とを含む。

30

【0025】

制御装置と信号源と制御対象物とは、多様な要素を提供する。それらの要素の少なくとも一部は、機能を実行するためのブロックと呼ぶことができる。別の観点では、それらの要素の少なくとも一部は、構成として解釈されるモジュール、またはセクションと呼ぶことができる。さらに、制御システムに含まれる要素は、意図的な場合にのみ、その機能を実現する手段とも呼ぶことができる。

【0026】

電力変換装置60は、複数の直流機器20、30、40、50の間における電力変換を可能とするために、第1コンバータ回路62、第2コンバータ回路63、第3コンバータ回路64を備える。複数のコンバータ回路は、以下、DCCと呼ばれる。DCCは、DC/DCコンバータ回路またはチョッパ回路とも呼ばれる。複数の直流機器20、30、40、50は、少なくとも直流負荷20と太陽電池30と蓄電池40と系統電源50を含む。直流負荷20は、系統電源50と直接的に接続されている。

40

【0027】

DCC62は、アップアームを提供するSW素子62a、およびロウアームを提供するSW素子62bを備える。SW素子62a、およびSW素子62bは、直列接続されている。SW素子62a、およびSW素子62bは、制御装置61によって制御される。DCC62は、SW素子62aに対して逆並列に接続されたダイオード62cを有する。DCC62は、SW素子62bに対して逆並列に接続されたダイオード62dを有する。SW素子62a、SW素子62b、ダイオード62c、およびダイオード62dは、アップアーム

50

ムおよびロワアームを提供するユニットとしてパッケージ化されている。

【 0 0 2 8 】

D C C 6 2 は、端子 O、G と回路との間に、遮断リレー 6 2 e を有する。遮断リレー 6 2 e は、プラス側回路と、マイナス側回路を遮断可能である。遮断リレー 6 2 e は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。遮断リレー 6 2 e は、制御装置 6 1 によって制御される。

【 0 0 2 9 】

D C C 6 2 は、平滑コンデンサ 6 2 f を有する。D C C 6 2 は、放電回路 6 2 g を有する。放電回路 6 2 g は、平滑コンデンサ 6 2 f と直列に配置されている。放電回路 6 2 g は、放電抵抗とリレーとの並列回路である。放電回路 6 2 g は、平滑コンデンサ 6 2 f の電荷を放電抵抗を通して放電することにより、過剰な電荷蓄積を抑制する。放電回路 6 2 g は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。

10

【 0 0 3 0 】

D C C 6 2 は、リアクトル 6 2 r を有する。リアクトル 6 2 r は、S W 素子 6 2 a と S W 素子 6 2 b との間の接続点 6 2 j と、接続点 6 0 a との間に配置されている。D C C 6 2 は、昇圧と降圧との両方が可能な昇降圧コンバータ回路を提供する。

【 0 0 3 1 】

D C C 6 2 は、絶縁型の直流用の電流センサ 6 2 h、6 2 i を有する。電流センサ 6 2 h は、リアクトル 6 2 r と接続点 6 2 j との間に配置されている。電流センサ 6 2 i は、遮断リレー 6 2 e と回路との間に配置されている。

20

【 0 0 3 2 】

D C C 6 2 は、絶縁型の直流用の電圧センサ 6 2 k を有する。電圧センサ 6 2 k は、平滑コンデンサ 6 2 f と並列に配置されている。電圧センサ 6 2 k は、平滑コンデンサ 6 2 f の両端における電圧を検出する。

【 0 0 3 3 】

D C C 6 3 は、アップアームを提供する S W 素子 6 3 a、およびロワアームを提供する S W 素子 6 3 b を備える。S W 素子 6 3 a、および S W 素子 6 3 b は、直列接続されている。S W 素子 6 3 a、および S W 素子 6 3 b は、制御装置 6 1 によって制御される。D C C 6 3 は、S W 素子 6 3 a に対して逆並列に接続されたダイオード 6 3 c を有する。D C C 6 3 は、S W 素子 6 3 b に対して逆並列に接続されたダイオード 6 3 d を有する。S W 素子 6 3 a、S W 素子 6 3 b、ダイオード 6 3 c、およびダイオード 6 3 d は、アップアームおよびロワアームを提供するユニットとしてパッケージ化されている。この実施形態では、S W 素子 6 3 b は使用されない。よって、S W 素子 6 3 b は破線によって図示されている。

30

【 0 0 3 4 】

D C C 6 3 は、端子 S、G と回路との間に、遮断リレー 6 3 e を有する。遮断リレー 6 3 e は、プラス側回路と、マイナス側回路を遮断可能である。遮断リレー 6 3 e は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。遮断リレー 6 3 e は、制御装置 6 1 によって制御される。

40

【 0 0 3 5 】

D C C 6 3 は、平滑コンデンサ 6 3 f を有する。D C C 6 3 は、放電回路 6 3 g を有する。放電回路 6 3 g は、平滑コンデンサ 6 3 f と直列に配置されている。放電回路 6 3 g は、放電抵抗とリレーとの並列回路である。放電回路 6 3 g は、平滑コンデンサ 6 3 f の電荷を放電抵抗を通して放電することにより、過剰な電荷蓄積を抑制する。放電回路 6 3 g は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。

【 0 0 3 6 】

D C C 6 3 は、リアクトル 6 3 r を有する。リアクトル 6 3 r は、S W 素子 6 3 a と S W 素子 6 3 b との間の接続点 6 3 j と、接続点 6 0 a との間に配置されている。D C C 6 3

50

は、降圧のみが可能な降圧コンバータ回路を提供する。

【 0 0 3 7 】

D C C 6 3 は、絶縁型の直流用の電流センサ 6 3 h、6 3 i を有する。電流センサ 6 3 h は、リアクトル 6 3 r と接続点 6 3 j との間に配置されている。電流センサ 6 3 i は、遮断リレー 6 3 e と回路との間に配置されている。

【 0 0 3 8 】

D C C 6 3 は、絶縁型の直流用の電圧センサ 6 3 k を有する。電圧センサ 6 3 k は、平滑コンデンサ 6 3 f と並列に配置されている。電圧センサ 6 3 k は、平滑コンデンサ 6 3 f の両端における電圧を検出する。

【 0 0 3 9 】

D C C 6 3 は、回路から太陽電池 3 0 への逆流を阻止するダイオード 6 3 m を有する。ダイオード 6 3 m は、回路と太陽電池 3 0 との間に配置されている。D C C 6 3 は、絶縁型の直流用の電圧センサ 6 3 n を有する。電圧センサ 6 3 n は、太陽電池 3 0 に対して並列に配置されている。電圧センサ 6 3 n は、ダイオード 6 3 m のアノード側における電圧を検出する。電圧センサ 6 3 k は、平滑コンデンサ 6 3 f の電圧を検出するから、太陽電池 3 0 の電圧が正確に検出されない場合がある。電圧センサ 6 3 n は、太陽電池 3 0 の電圧を正確に検出する。太陽電池 3 0 の発電電力を最大化するための最大電力点追従制御 (M P P T C : M a x i m u m P o w e r P o i n t T r a c k i n g C o n t r o l) では、電圧センサ 6 3 n の出力が利用される。これにより、正確な M P P T C が実現される。

【 0 0 4 0 】

D C C 6 4 は、アップアームを提供する S W 素子 6 4 a、およびロワアームを提供する S W 素子 6 4 b を備える。S W 素子 6 4 a、および S W 素子 6 4 b は、直列接続されている。S W 素子 6 4 a、および S W 素子 6 4 b は、制御装置 6 1 によって制御される。D C C 6 4 は、S W 素子 6 4 a に対して逆並列に接続されたダイオード 6 4 c を有する。D C C 6 4 は、S W 素子 6 4 b に対して逆並列に接続されたダイオード 6 4 d を有する。S W 素子 6 4 a、S W 素子 6 4 b、ダイオード 6 4 c、およびダイオード 6 4 d は、アップアームおよびロワアームを提供するユニットとしてパッケージ化されている。

【 0 0 4 1 】

D C C 6 4 は、端子 B、G と回路との間に、遮断リレー 6 4 e を有する。遮断リレー 6 4 e は、プラス側回路と、マイナス側回路を遮断可能である。遮断リレー 6 4 e は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。遮断リレー 6 4 e は、制御装置 6 1 によって制御される。

【 0 0 4 2 】

D C C 6 4 は、平滑コンデンサ 6 4 f を有する。D C C 6 4 は、放電回路 6 4 g を有する。放電回路 6 4 g は、平滑コンデンサ 6 4 f と直列に配置されている。放電回路 6 4 g は、放電抵抗とリレーとの並列回路である。放電回路 6 4 g は、平滑コンデンサ 6 4 f の電荷を放電抵抗を通して放電することにより、過剰な電荷蓄積を抑制する。放電回路 6 4 g は、開放状態として図示されているが、電力変換装置 6 0 が機能する場合には、閉路状態となる。

【 0 0 4 3 】

D C C 6 4 は、リアクトル 6 4 r を有する。リアクトル 6 4 r は、S W 素子 6 4 a と S W 素子 6 4 b との間の接続点 6 4 j と、接続点 6 0 a との間に配置されている。D C C 6 4 は、昇圧と降圧との両方が可能な昇降圧コンバータ回路を提供する。

【 0 0 4 4 】

D C C 6 4 は、絶縁型の直流用の電流センサ 6 4 h、6 4 i を有する。電流センサ 6 4 h は、リアクトル 6 4 r と接続点 6 4 j との間に配置されている。電流センサ 6 4 i は、遮断リレー 6 4 e と回路との間に配置されている。

【 0 0 4 5 】

D C C 6 4 は、絶縁型の直流用の電圧センサ 6 4 k を有する。電圧センサ 6 4 k は、平滑

10

20

30

40

50

コンデンサ 6 4 f と並列に配置されている。電圧センサ 6 4 k は、平滑コンデンサ 6 4 f の両端における電圧を検出する。

【 0 0 4 6 】

複数の D C C 6 2、6 3、6 4 は、互いに直接的に接続されている。複数の D C C 6 2、6 3、6 4 は、それらの複数のリアクトル 6 2 r、6 3 r、6 4 r を星型結線することにより、接続されている。図示される実施形態では、3つのリアクトル 6 2 r、6 3 r、6 4 r は、三相結線されている。3つのリアクトル 6 2 r、6 3 r、6 4 r は、接続点 6 0 a において電氣的に接続されている。系統電源 5 0 は、系統 1 0 から供給される交流電力を直流電力に整流している。系統電源 5 0 は、直流負荷 2 0 と、D C C 6 2 との間に、整流された直流電力を供給する。

10

【 0 0 4 7 】

(制御)

制御装置 6 1 は、運転状態に基づいて制御モードを決定する判断ユニットを提供する。制御装置 6 1 は、判断ユニットによって決定された制御モードを実現するように電力変換装置 6 0 の複数の D C C 6 2、6 3、6 4 の素子を制御する複数のモードユニットを提供する。複数のモードユニットは、複数の D C C 6 2、6 3、6 4 を昇圧動作または降圧動作させる。これにより、複数のモードユニットは、複数の制御モードを実現する。制御装置 6 1 は、主として複数の S W 素子 6 2 a、6 2 b、6 3 a、6 4 a、6 4 b を P W M 制御 (パルス幅変調制御) する。

【 0 0 4 8 】

20

制御装置 6 1 は、少なくとも (1) 太陽電池 3 0 から直流負荷 2 0 への電力の供給、(2) 太陽電池 3 0 から蓄電池 4 0 への電力の供給、および (3) 蓄電池 4 0 から直流負荷 2 0 への電力の供給を可能とするように接続点 6 0 a の電圧を制御する。さらに、制御装置 6 1 は、(4) 系統電源 5 0 から蓄電池 4 0 への電力の供給を可能とするように接続点 6 0 a の電圧を制御する。

【 0 0 4 9 】

図 2 は、制御装置 6 1 が提供する機能的なブロックを示す。制御装置 6 1 は、直流負荷制御部 (D C L D C) 6 1 d として電力変換装置 6 0 を制御する。制御装置 6 1 は、直流負荷 2 0 (系統電力 5 0) からの出力に関して D C C 6 2 を降圧動作させるように S W 素子 6 2 a を P W M 制御する。直流負荷制御部 6 1 d は、S W 素子 6 2 a を降圧用 S W 素子として制御する。このとき、直流負荷制御部 6 1 d は、系統電源 5 0 から蓄電池 4 0 へ電力を供給 (すなわち充電) するために機能する。制御装置 6 1 は、直流負荷 2 0 への入力に関して D C C 6 2 を昇圧動作させるように S W 素子 6 2 b を P W M 制御する。直流負荷制御部 6 1 d は、S W 素子 6 2 b を昇圧用 S W 素子として制御する。このとき、直流負荷制御部 6 1 d は、太陽電池 3 0 または蓄電池 4 0 から直流負荷 2 0 へ電力を供給するために機能する。この実施形態では、系統 1 0 への逆潮流は実行されない。

30

【 0 0 5 0 】

制御装置 6 1 は、太陽電池 3 0 の最大電力点追従制御を実行するように D C C 6 2 を制御している。制御装置 6 1 は、最大電力点追従制御部 (M P P T C) 6 1 e として電力変換装置 6 0 を制御する。を実行する。制御装置 6 1 は、M P P T C のために、S W 素子 6 3 a を P W M 制御する。制御装置 6 1 は、M P P T C のために、D C C 6 3 を降圧動作させている。

40

【 0 0 5 1 】

制御装置 6 1 は、蓄電池制御部 (B A T T C) 6 1 f として電力変換装置 6 0 を制御する。制御装置 6 1 は、蓄電池 4 0 からの出力に関して D C C 6 4 を降圧動作させるように、S W 素子 6 4 a を P W M 制御する。蓄電池制御部 6 1 f は、S W 素子 6 4 a を降圧用 S W 素子として制御する。制御装置 6 1 は、蓄電池 4 0 への入力に関して D C C 6 4 を昇圧動作させるように、S W 素子 6 4 b を P W M 制御する。蓄電池制御部 6 1 f は、S W 素子 6 4 b を降圧用 S W 素子として制御する。

【 0 0 5 2 】

50

蓄電池制御部 6 1 f は、D C C 6 4 の S W 素子 6 4 a、6 4 b をフィードバック制御するフィードバック系を有する。蓄電池制御部 6 1 f は、太陽電池 3 0 の発電量の急減や直流負荷 2 0 の急激な変動を含む急変に応答して機能する。蓄電池制御部 6 1 f は、上記急変から所定期間にわたり、フィードバック系のゲインを所定値より大きい補強ゲインに設定する。蓄電池制御部 6 1 f は、上記所定期間の後に、フィードバック系のゲインを補強ゲインより小さいゲインに戻す。

【 0 0 5 3 】

補強ゲインは、急変の後、蓄電池 4 0 の電流が所定電流値に達するまで設定される。言い換えると、急変の後に、蓄電池 4 0 の充電電流および / または放電電流が変動し、蓄電池 4 0 の充電電流および / または放電電流が再び安定してくるまで補強ゲインが継続される。これにより、蓄電池 4 0 の電流の挙動に応じた期間を設定することができる。

10

【 0 0 5 4 】

蓄電池制御部 6 1 f は、所定期間の後に、フィードバック系のゲインを補強ゲインから、定常時のゲインに戻す。定常時のゲインは、フィードバック系を安定的に機能させるための値である。この結果、フィードバック系の応答性と安定性との両立が図られる。補強ゲインは、蓄電池 4 0 の充放電応答性を高め、蓄電池 4 0 の電流の立ち上がりを改善する。定常時のゲイン / 補強ゲインは、約 1 0 に設定されている。

【 0 0 5 5 】

蓄電池制御部 6 1 f は、太陽電池 3 0 に流れる電流を発電電流値とし、蓄電池 4 0 に流れる電流を蓄電池電流値とし、直流負荷 2 0 に供給することが必要とされる電流を負荷電流指令値として機能する。蓄電池制御部 6 1 f は、接続点 6 0 a において、「 $\text{負荷電流指令値} + \text{発電電流値} + \text{蓄電池電流値} = 0$ 」が成立するように蓄電池電流値をフィードバック制御する。

20

【 0 0 5 6 】

制御装置 6 1 は、過電圧防止制御部 (O V C P C) 6 1 g として電力変換装置 6 0 を制御する。過電圧防止制御部 6 1 g は、太陽電池 3 0 の電圧と蓄電池 4 0 の電圧が共に直流負荷 2 0 の電圧 (系統電源 5 0 の電圧) よりも高く、太陽電池 3 0 から蓄電池 4 0 へ電力を供給するとき機能する。過電圧防止制御部 6 1 g は、D C C 6 2 の平滑コンデンサ 6 2 f の充電による過電圧を防止するために、平滑コンデンサ 6 2 f の放電回路を閉じる。このとき、制御装置は、S W 素子 6 2 a を操作する。過電圧防止制御部 6 1 g は、降圧用の S W 素子 6 2 a を、平滑コンデンサ 6 2 f の電圧によって決められるパルス幅で周期的に閉じる。これにより、平滑コンデンサ 6 2 f を含む放電回路が形成される。

30

【 0 0 5 7 】

制御装置 6 1 は、他の制御部 (R E M C) 6 1 h として電力変換装置 6 0 を制御する。他の制御部 6 1 h は、後述する多様な機能を提供する。

【 0 0 5 8 】

制御装置 6 1 は、直流負荷 2 0 が電力を必要としているときに、太陽電池 3 0、蓄電池 4 0、または系統電力 5 0 から直流負荷 2 0 に電力が供給されるように複数の D C C 6 2、6 3、6 4 を制御する。制御装置 6 1 は、太陽電池 3 0 の発電電力が利用可能な水準に達している場合、太陽電池 3 0 の発電電力を直流負荷 2 0 に供給するように複数の D C C 6 2、6 3、6 4 を制御する。制御装置 6 1 は、蓄電池 4 0 の電力が利用可能な水準に達している場合、蓄電池 4 0 の電力を直流負荷 2 0 に供給するように複数の D C C 6 2、6 3、6 4 を制御する。制御装置 6 1 は、太陽電池 3 0 の発電電力が利用可能な水準に達しており、直流負荷 2 0 が電力を要しない場合、太陽電池 3 0 の発電電力を蓄電池 4 0 に供給し充電するように複数の D C C 6 2、6 3、6 4 を制御する。なお、系統電源 5 0 から蓄電池 4 0 に供給し充電してもよい。

40

【 0 0 5 9 】

制御装置 6 1 は、接続点 6 0 a の電圧が、太陽電池 3 0 の電圧、または蓄電池 4 0 の電圧のうち、最も低い最低電圧、または最低電圧にダイオードにおける電圧降下を加えた電圧になるように、複数の S W 素子を制御する。

50

【 0 0 6 0 】

図 3 に図示されるように、電力システム 1 は、複数のモードを提供する。すべてのモードにおいて、系統電源 5 0 は、直流負荷 2 0 に電力を供給可能である。第 1 モードは、蓄電池 4 0 から直流負荷 2 0 に電力を供給する。第 2 モードは、太陽電池 3 0 から直流負荷 2 0 に電力を供給する。第 3 モードは、太陽電池 3 0 から蓄電池 4 0 に電力を供給する。第 4 モードにおいて、直流負荷 2 0 は太陽電池 3 0 または蓄電池 4 0 からの電力を必要としていない。第 4 モードは、太陽電池 3 0 から直流負荷 2 0 および蓄電池 4 0 に電力を供給する。第 5 モードは、太陽電池 3 0 と蓄電池 4 0 とから直流負荷 2 0 に電力を供給する。

【 0 0 6 1 】

(1) 直流負荷へ電力を供給する場合

10

太陽電池 3 0 の発電電圧（例えば 3 2 0 V）、および蓄電池 4 0 の電圧が、直流負荷 2 0 の電圧（例えば 2 8 8 V）より高い場合が発生しうる。この場合、制御装置 6 1 は、D C C 6 3、6 4 を降圧動作させる。第 1 モードは、蓄電池 4 0 の蓄電量が多い場合である。これにより、太陽電池 3 0 の発電電力および / または蓄電池 4 0 に蓄電された過去の余剰電力を直流負荷 2 0 に供給することができる。

【 0 0 6 2 】

太陽電池 3 0 の発電電圧（例えば 3 2 0 V）が直流負荷 2 0 の電圧（例えば 2 8 8 V）より高く、かつ、蓄電池 4 0 の電圧（例えば 2 5 0 V）が直流負荷 2 0 の電圧より低い場合が発生しうる。この場合、制御装置 6 1 は、D C C 6 3 を降圧動作させ、D C C 6 4 を昇圧動作させる。さらに、制御装置 6 1 は、D C C 6 2 を昇圧動作させる。これにより、蓄電池 4 0 への充電電流は流れないが、直流負荷 2 0 へ電力を供給することができる。

20

【 0 0 6 3 】

蓄電池 4 0 の電圧が直流負荷 2 0 の電圧（例えば 2 8 8 V）より高く、かつ、太陽電池 3 0 の発電電圧が直流負荷 2 0 の電圧より低い場合が発生しうる。この場合、制御装置 6 1 は、D C C 6 4 を降圧動作させ、D C C 6 2 を昇圧動作させる。これにより、蓄電池 4 0 の放電によって直流負荷 2 0 へ電力を供給することができる。

【 0 0 6 4 】

(2) 蓄電池へ充電する場合

直流負荷 2 0 の電圧が太陽電池 3 0 の発電電圧より高く、かつ、直流負荷 2 0 の電圧が蓄電池 4 0 の電圧より高い場合が発生しうる。この場合、直流負荷 2 0 は電力を消費していない。この場合、制御装置 6 1 は、D C C 6 3 を降圧動作させる。制御装置 6 1 は、接続点 6 0 a の電圧が直流負荷 2 0 の電圧（例えば 2 8 8 V）より低くなるように、D C C 6 3 を降圧動作させる。これにより、太陽電池 3 0 の発電電力を蓄電池 4 0 に充電することができる。

30

【 0 0 6 5 】

蓄電池 4 0 の電圧が直流負荷 2 0 の電圧より高く、かつ、太陽電池 3 0 の発電電圧が直流負荷 2 0 の電圧より高い場合が発生しうる。この場合、制御装置 6 1 は、D C C 6 3 を降圧動作、D C C 6 4 を昇圧動作、D C C 6 2 を降圧動作させる。D C C 6 4 または D C C 6 2 の S W 素子 6 4 b、6 2 b（昇圧用トランジスタ）がターンオンしているとき、接続点 6 0 a の電圧は、理論上太陽電池 3 0 の発電電圧の 1 / 2 となる。多くの場合、接続点 6 0 a の電圧は、直流負荷 2 0 の電圧（例えば 2 8 8 V）よりも小さくなる。続いて、S W 素子 6 4 b、6 2 b（昇圧用トランジスタ）をターンオフさせると蓄電池 4 0 または直流負荷 2 0 に電流が流れる。しかし、直流負荷 2 0 への電流がゼロの場合、蓄電池 4 0 への昇圧充電によって接続点 6 0 a の電圧は蓄電池 4 0 よりも高くなる。この結果、直流負荷 2 0 の平滑コンデンサ 6 2 f が充電され、コンデンサ電圧が高くなる。この場合、D C C 6 2 の S W 素子 6 2 a（降圧用トランジスタ）をターンオンさせ、平滑コンデンサ 6 2 f を放電させる放電制御を実行する。この場合、S W 素子 6 2 a を制御するための信号は、平滑コンデンサ 6 2 f の電圧、すなわち直流負荷 2 0 の電圧から演算により生成される。この演算には、マップを利用可能である。こうして、太陽電池 3 0 の発電電力を蓄電池 4 0 に充電することができる。

40

50

【 0 0 6 6 】

(3) 接続点 6 0 a の電圧制御

電力変換装置 6 0 において、複数の D C C 6 2、6 3、6 4 のいずれかの出力応答が遅いと、直流負荷 2 0 の電圧が低下し、いずれかの直流機器の最低作動電圧を下回る事態が発生する場合がある。この場合、制御装置 6 1 が実行する保護機能によって、電力変換装置 6 0 が停止する場合がある。例えば、遮断リレー 6 2 e、6 3 e、6 4 e が回路を遮断し、システムが停止する。このような事態を抑制するために、制御装置 6 1 は以下のような制御ロジックを採用した。

【 0 0 6 7 】

制御装置 6 1 は、直流負荷 2 0 の電圧 V から、図 4 の電圧電流出力特性に基づいて、負荷電流指令値 I を算出する。図 4 は、直流負荷 2 0 の電圧 V に応じて負荷電流指令値 I を求めるための換算特性を示す。電圧 V が V_1 より低いと、負荷電流指令値 I は最大値 I_{max} に設定される。電圧 V が V_2 より高いと、負荷電流指令値 I は最小値 I_{min} に設定される。電圧 V が V_1 と V_2 との間の範囲にあると、電圧 V が高いほど、負荷電流指令値 I が低下する。例えば、電圧 V が V_D であるとき、負荷電流指令値 I は、 I_A である。制御装置 6 1 は、太陽電池 3 0 の M P P T C から得られる発電電流値を算出する。制御装置 6 1 は、蓄電池 4 0 に流れる電流を蓄電池電流値とする。

10

【 0 0 6 8 】

制御装置 6 1 は、下記 (1) 式が成立するように、各部の電圧、電流を制御する。

【 0 0 6 9 】

負荷電流値 + 発電電流値 + 蓄電池電流値 = 0 ... (1) 式

20

負荷電流値または蓄電池電流値は、指令値として求められる。以下の説明では、多くの場合に、直流負荷 2 0 へ電力を供給するから、負荷電流値を負荷電流指令値として説明する。なお、蓄電池 4 0 が充電される場合、蓄電池電流値が、充電電流指令値として求められる。

【 0 0 7 0 】

直流負荷 2 0 の電圧が高いと「負荷電流指令値 = 0 または負」となり、太陽電池 3 0 の発電電流は蓄電池 4 0 を充電する。太陽電池 3 0 が発電しない場合は、蓄電池 4 0 から直流負荷 2 0 へ電流が供給される。また、太陽電池 3 0 の発電がなく、かつ、蓄電池 4 0 の充電が不足している状態においては、直流負荷 2 0 に接続されている系統電源 5 0 から蓄電池 4 0 への充電が実行される。

30

【 0 0 7 1 】

制御装置 6 1 は、太陽電池 3 0 の M P P T C から得られる発電電流値を算出する。制御装置 6 1 は、その算出値になるように太陽電池 3 0 の S W 素子 6 3 a (降圧用トランジスタ) をパルス幅制御する。その際に、直流負荷 2 0 の電圧よりも蓄電池 4 0 が低電圧であると、接続点 6 0 a の電圧は、所定の蓄電池電流値が流れるように蓄電池電圧相当に制御される。このとき、直流負荷 2 0 に対しては、所定の負荷電流指令値が流れるように D C C 6 2 の S W 素子 6 2 b (昇圧用トランジスタ) をパルス幅制御する。各電流値は上記 (1) 式に基づいて制御される。

【 0 0 7 2 】

太陽電池 3 0 の全発電量を直流負荷 2 0 に供給する場合、蓄電池電流値はゼロとなり、下記 (2) 式が成立する。よって、接続点 6 0 a の電圧は蓄電池相当に制御可能となる。

40

【 0 0 7 3 】

負荷電流指令値 = (- 発電電流値) ... (2)

【 0 0 7 4 】

(4) 制御モードの切換え

制御装置 6 1 は、複数の S W 素子を P W M 制御するにあたり、指令値と検出値との差に基づいてフィードバック制御を実行する。なお、複数の D C C 6 2、6 3、6 4 における平滑コンデンサ 6 2 f、6 3 f、6 4 f の容量は小さいので、発電量の急変および負荷の急変に対して追従するためには電流制御の応答性を高める必要がある。そこで、制御装置 6

50

１は、フィードバック制御のためのゲインをモードの切換えから所定時間に渡って高ゲインとし、所定時間が経過すると低ゲイン（通常ゲイン）に戻すように制御する。

【００７５】

制御装置６１は、直流負荷２０、太陽電池３０、および蓄電池４０の定電流フィードバック制御を、下記（３）式に基づいて実行する。

【００７６】

$F = P_g \times (\text{指令値} - \text{検出値}) + S_n \dots (3) \text{式}$

Fは、フィードバック量、 P_g は比例ゲイン、 S_n は積分量である。

【００７７】

積分量 S_n は、下記（４）式によって算出可能である。

【００７８】

$S_n = I_g \times (\text{指令値} - \text{検出値}) + S_n(n-1) \dots (4) \text{式}$

I_g は、積分ゲイン、 $S_n(n-1)$ は、１演算サイクル前の値である。

【００７９】

制御装置６１は、こうして求められるフィードバック量に基づいて、PWM制御のための制御量を設定する。PWM制御のための制御量PWMは、所定の変換関数（PHI）に基づいて、下記（５）式から算出可能である。

【００８０】

$PWM = (F) \dots (5) \text{式}$

発電量の急変または負荷の急変によってDCC63またはDCC64の制御モードが切り替わるとき、高い応答性が求められる。しかし、電力システム１の応答性を高めるために、積分ゲイン I_g および/または比例ゲイン P_g を大きくすると、ハンチング現象などによって制御系が不安定となる場合がある。そこで、制御装置６１は、制御モードが切り替わる場合のみ、積分ゲイン I_g を大きくする。

【００８１】

図５は、制御モードの切換えにおける積分ゲイン I_g の変化と、積分量 S_n の変化とを示す。時刻 t_1 において制御モードの切換えが発生している。この制御モードの切換えは、太陽電池３０の発電電力の急変を例示している。制御装置６１は、通常は、定数Gに基づいて積分ゲイン I_g を設定している。制御装置６１は、制御モードの切換えが発生すると、所定時間にわたり積分ゲイン I_g を通常時より大きく設定する。制御装置６１は、制御モードの切換えが発生すると、所定時間にわたり積分ゲイン I_g を $G \times B$ として設定する。Bは自然数である。Gは、フィードバック系に設定された定常ゲインである。定常ゲインGは、急変がない場合に、フィードバック系が安定して機能するゲインである。Bは、例えば、１０．０に設定することができる。所定時間は、偏差に応じて設定することができる。所定時間は、例えば、偏差が、制御モード切換え直後の初期偏差の数１０％に到達するまでの期間とすることができる。所定時間は、例えば、偏差が、制御モード切換え直後の初期偏差の１／２に到達するまでの期間とすることができる。所定時間は、例えば、一定の時間でもよい。

【００８２】

このような積分ゲインを設定することにより、応答性と安定性を確保したフィードバック制御が実現される。実施形態においては、系統１０の交流周波数（例えば６０Hz）の１サイクル以内である１６msecにおける電圧変動率±１０％以内が実現される。

【００８３】

図６は、積分ゲイン I_g を設定するための制御装置６１における処理１８０を示す。ここでは、蓄電池４０へ充電する制御モードに切換えられた場合を例示している。複数のステップは、制御装置６１により実行される。複数のステップのそれぞれは、制御方法における段階を示している。

【００８４】

ステップ１８１およびステップ１８２は、以下の処理の開始条件を判定するステップである。ステップ１８１およびステップ１８２は、発電量の急変、および負荷の急変を判定す

10

20

30

40

50

る。ステップ 181 またはステップ 182 において発電量の急変または負荷の急変が判定されると、処理 180 は、ステップ 183 以降に進む。ステップ 181 およびステップ 182 は、ゲイン変更を実行するか否かを判定する判定部を提供している。

【0085】

ステップ 183 は、制御対象である電流値の初期値を測定する。ステップ 183 は、蓄電池 40 の充電電流の初期値 I_o を測定する。初期値 I_o は、制御モード切換え直後の初期偏差を求めるために利用される。ステップ 184 は、電流総和が 0 となるように、指令値を設定する。ステップ 184 では、蓄電池 40 への充電電流指令値 I_t が設定される。ステップ 184 は、切換え後の制御モードにおいて、上記 (1) 式が成立するように、負荷電流指令値または充電電流指令値を設定する。

10

【0086】

ステップ 185 は、制御対象である電流値の瞬時値 (現在の値) を測定する。ステップ 185 は、蓄電池 40 の充電電流の瞬時値 I_n を測定する。瞬時値は、最新の偏差を求めるために利用される。

【0087】

ステップ 186 は、所定時間を経過したか否かを判定する。ステップ 186 は、積分ゲイン I_g を変更する期間を設定する。ステップ 186 は、下記 (6) 式が成立するか否かを判定する。ステップ 186 は、現在の偏差 ($I_t - I_n$) が、制御モード切換え直後の初期偏差 ($I_t - I_o$) の $1/2$ に到達したか否かを判定する。

【0088】

$I_t - I_n > (I_t - I_o) / 2 \quad \dots (6) \text{ 式}$

20

ステップ 186 において、所定時間を経過していない場合、ステップ 187 へ進む。ステップ 186 において、所定時間を経過した場合、ステップ 190 へ進む。

【0089】

ステップ 187 は、制御対象である電流値を増加、または減少させる。同時に、ステップ 187 は、積分ゲイン I_g を設定する。ステップ 187 は、積分ゲイン I_g を下記 (7) 式に基づいて設定する。

【0090】

$I_g = G \times B \quad \dots (7) \text{ 式}$

ステップ 188 は、電流値を観測するためのインターバル時間のタイマーをスタートする。インターバル時間は、観測間隔として設定されている。ステップ 189 は、インターバル時間が経過したか否かを判定する。インターバル時間を経過するとステップ 185 へ戻る。

30

【0091】

ステップ 190 は、制御対象である電流値を増加、または減少させる。同時に、ステップ 190 は、積分ゲイン I_g を設定する。ステップ 190 は、積分ゲイン I_g を下記 (8) 式に基づいて設定する。

【0092】

$I_g = G \quad \dots (8) \text{ 式}$

ステップ 191 は、制御対象である電流値が目標値に到達したか否かを判定する。ステップ 191 は、充電電流の瞬時値 I_n が、充電電流指令値 I_t に到達したか否かを判定する。

40

【0093】

ステップ 181 からステップ 191 が実行されることにより、図 5 の波形図が実現される。例えば、時刻 t_1 と時刻 t_2 との間において積分ゲイン I_g は、 $G \times B$ に設定される。この期間において、フィードバック制御の応答性は高められる。この結果、制御対象である電流値は、急速に目標値に向けて制御される。やがて、時刻 t_2 に到達すると、積分ゲイン I_g は、 G に設定される。時刻 t_2 以降は、フィードバック制御の安定性が高められる。この結果、制御対象である電流値は、目標値に向けて収束するように制御される。

【0094】

(5) 他の制御

50

制御装置 61 は、上記制御に加えて、以下に説明する制御を提供する。制御装置 61 は、複数の DCC 62、63、64 に並列接続されている平滑コンデンサ 62f、63f、64f の過充電防止部を提供する。DCC 62、63、64 のアーム (SW 素子) には、ダイオードが接続されている。このため、それぞれの DCC 62、63、64 において、ダイオードとリアクトルと平滑コンデンサとを含む充電回路が形成される。通常の昇圧動作または降圧動作を実行しただけでは、接続点 60a の電圧は、複数の DCC 62、63、64 の最低電圧相当に平均的に制御される。しかし、昇圧用の SW 素子 62b、63b、64b がターンオフすると、リアクトルに誘起される電圧が前述の最低電圧に加算され、短時間であるが接続点 60a の電圧は高い電圧となる。このため、平滑コンデンサの充電回路が形成される場合がある。この場合、平滑コンデンサが充電される。この場合、ダイオードが放電を阻止するから、充電が継続すると、平滑コンデンサは、過電圧となってしまう。

10

【0095】

太陽電池 30 は、逆流防止のための直列接続されたダイオード 63m が挿入されているから、放電回路がなく過電圧が発生する場合がある。また、直流負荷 20 も全負荷がオフされると放電回路がなく、同様に過電圧が発生する場合がある。

【0096】

このような平滑コンデンサの過電圧を防止するために、制御装置 61 は、平滑コンデンサを強制的に放電させる。制御装置 61 は、昇圧用の SW 素子のターンオン時に同期して、降圧用の SW 素子を所定のタイミング期間だけ強制的にターンオンさせる。さらに、制御装置 61 は、放電回路 62g、63g、64g のスイッチ素子を開く。これにより、平滑コンデンサは、放電回路 62g、63g、64g の抵抗器を通して放電する。これにより、平滑コンデンサの過電圧が抑制される。

20

【0097】

以上に述べた実施形態によると、複数のリアクトル 62r、63r、64r は、接続点 60a において星型結線されている。制御装置 61 は、DCC 62、63、64 を制御する。この結果、直流負荷 20 と太陽電池 30 と蓄電池 40 と系統電源 50 とを含む複数の直流機器の間における電力変換が可能となる。

【0098】

他の実施形態

30

この明細書および図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。例えば、開示は、実施形態において示された部品および/または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および/または要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および/または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味及び範囲内での全ての変更を含むものと解されるべきである。

40

【0099】

上記実施形態では、直流負荷 20 と太陽電池 30 と蓄電池 40 と系統電源 50 とを接続している。これに加えて、燃料電池、風力発電、水力発電等を含む小規模発電装置を直流機器のひとつとして加えてもよい。また、電気自動車、電気自転車、シニアカーなどの電動車両の蓄電池を直流機器のひとつとして加えてもよい。

【0100】

上記実施形態では、制御装置 61 が提供するフィードバック系のゲインとして、積分ゲインのみを調節した。これに代えて、または加えて、比例ゲインを調節してもよい。例えば、太陽電池 30 の電圧が変動した直後の所定期間において、積分ゲインおよび/または比例ゲインを定常値より大きく設定し、所定期間が経過すると定常値に戻してもよい。

50

【符号の説明】

【0101】

1 電力システム、 10 系統、 20 直流負荷、
21 インバータ、 30 太陽電池、 40 蓄電池、
41 主電池、 42 パワーコンディショナ、 50 系統電源、
51 全波整流装置、 60 電力変換装置、 60a 接続点、
61 制御装置、 61a 中央処理装置、 61b メモリ、
61d 直流負荷制御部、 61f 蓄電池制御部、
61g 過電圧防止制御部、 61h 他の制御部、
62、63、64 コンバータ回路、
62a、62b SW素子、62c、62d ダイオード、
62e 遮断リレー、 62f 平滑コンデンサ、
62g 放電回路、 62h、62i 電流センサ、
62j 接続点、62k 電圧センサ、62r リアクトル、
63a、63b SW素子、63c、63d ダイオード、
63e 遮断リレー、 63f 平滑コンデンサ、
63g 放電回路、 63h、63i 電流センサ、
63j 接続点、63k 電圧センサ、63r リアクトル、
63m ダイオード、 63n 電圧センサ、
64a、64b SW素子、64c、64d ダイオード、
64e 遮断リレー、 64f 平滑コンデンサ、
64g 放電回路、 64h、64i 電流センサ、
64j 接続点、64k 電圧センサ、64r リアクトル。

10

20

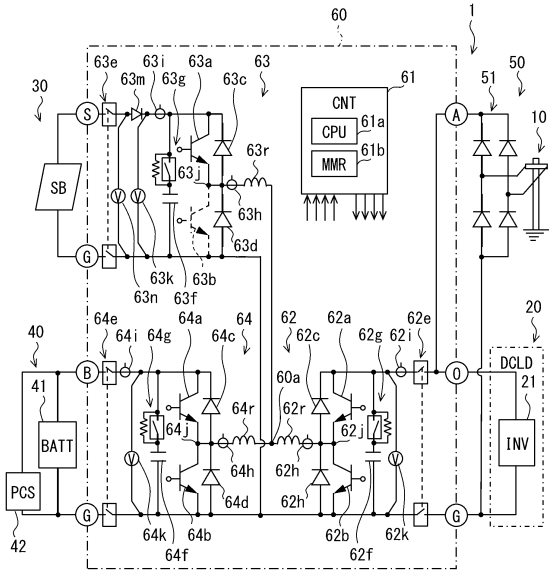
30

40

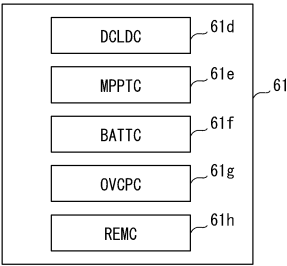
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



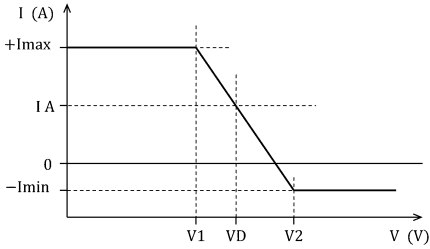
10

20

【図 3】

MODE		
1	BATT → DCLD	B to A
2	SB → DCLD	S to A
3	SB → BATT	S to B
4	SB → DCLD & BATT	S to A, B
5	SB & BATT → DCLD	S, B to A

【図 4】

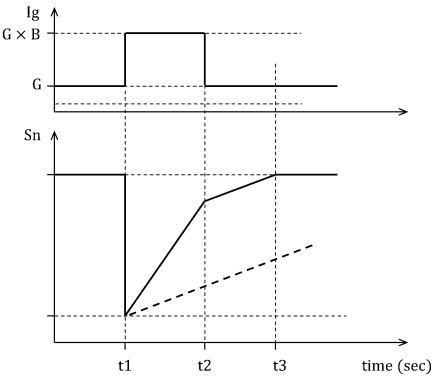


30

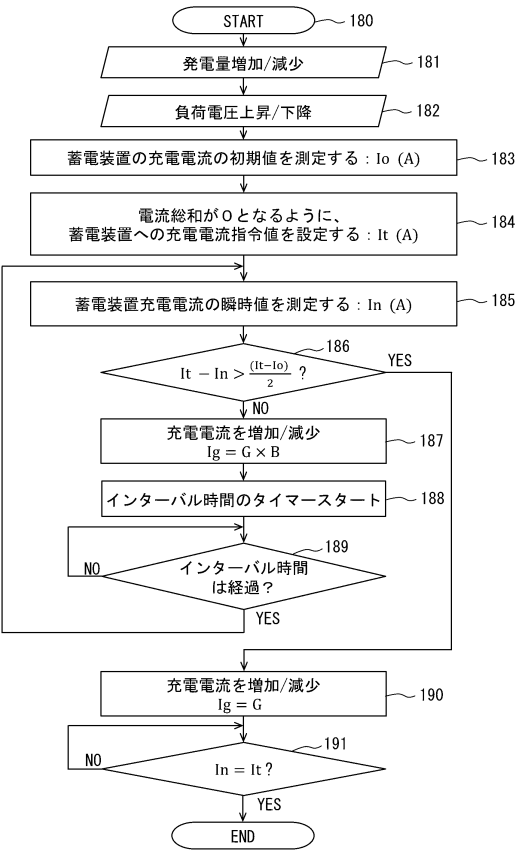
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 M

3/155

W

G 0 5 F

1/67

A

(56)参考文献

特開 2 0 1 4 - 5 4 0 2 5 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 2 0 1 9 6 6 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 2 4 4 8 8 2 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 2 6 2 2 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 2 J 7 / 3 5

H 0 2 J 3 / 3 2

H 0 2 J 3 / 3 8

H 0 2 M 3 / 1 5 5

G 0 5 F 1 / 6 7