

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5887841号
(P5887841)

(45) 発行日 平成28年3月16日(2016.3.16)

(24) 登録日 平成28年2月26日(2016.2.26)

(51) Int.Cl.

F 1

H02J 7/00 (2006.01)

H02J 7/00

B

H02J 7/35 (2006.01)

H02J 7/35

F

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/44

Q

請求項の数 6 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2011-241135 (P2011-241135)

(73) 特許権者 000002185

(22) 出願日 平成23年11月2日(2011.11.2)

ソニー株式会社

(65) 公開番号 特開2013-99155 (P2013-99155A)

東京都港区港南1丁目7番1号

(43) 公開日 平成25年5月20日(2013.5.20)

(74) 代理人 100082762

審査請求日 平成26年9月9日(2014.9.9)

弁理士 杉浦 正知

(74) 代理人 100123973

弁理士 杉浦 拓真

(72) 発明者 澤田 淳一

神奈川県藤沢市辻堂新町3丁目3番1号

(72) 発明者 鎌田 墓

神奈川県藤沢市辻堂新町3丁目3番1号

ソニーエンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

変動する第1の電圧が発電部から供給される複数の第1の装置と、
前記複数の第1の装置に対して接続自在とされる第2の装置とを備え、
前記第1の装置は、

前記第1の電圧の変動に応じて変動する第2の電圧を生成し、生成した前記第2の電圧
を前記第2の装置に出力する電圧変換部を備え、

前記第2の装置は、

前記第2の電圧の変動に応じて、バッテリに対する充電レートを変化させる充電回路を
備える

制御システム。

【請求項 2】

前記電圧変換部は、

前記第1の電圧が低下することに応じて低下させた前記第2の電圧を出力する請求項1
に記載の制御システム。

【請求項 3】

前記充電回路は、

前記第2の電圧が低下することに応じて、前記充電レートを小さくする請求項1または
2に記載の制御システム。

【請求項 4】

10

20

前記第1の装置と前記第2の装置とが電力ラインを介して接続され、
前記第2の電圧が前記電力ラインを介して供給される請求項1乃至3のいずれか1項に
記載の制御システム。

【請求項5】

前記充電回路は、前記電力ラインにおける前記第2の電圧を取得する請求項4に記載の制御システム。

【請求項6】

前記発電部は、環境に応じて発電する請求項1乃至5のいずれか1項に記載の制御システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、例えば、バッテリに対する充電レートを変化させる制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

リチウムイオンバッテリに代表される二次電池が広く普及している。下記特許文献1には、二次電池に対して通常の充電レートで充電するか、または、高い充電レートで充電するかを、ユーザが選択できるようにしたシステムが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2008-083022号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載の技術は、充電レートをユーザによる操作に応じて変化させるものである。例えば、太陽光発電のように、天候の変化等に起因して供給可能な電力が変化する場合に、供給可能な電力の変化に応じて充電レートを変化させることができない。

【0005】

したがって、本開示の目的の一つは、太陽光発電などの発電部が生成する電圧の変動に応じて、充電レートを変化させる制御システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決するために、本開示は、例えば

変動する第1の電圧が発電部から供給される複数の第1の装置と、

複数の第1の装置に対して接続自在とされる第2の装置とを備え、

第1の装置は、

第1の電圧の変動に応じて変動する第2の電圧を生成し、生成した第2の電圧を第2の装置に出力する電圧変換部を備え、

第2の装置は、

第2の電圧の変動に応じて、バッテリに対する充電レートを変化させる充電回路を備える

制御システムである。

【発明の効果】

【0009】

少なくとも一つの実施形態によれば、発電部からの電圧に応じて、バッテリに対する充電レートを変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】システムの構成例を示すブロック図である。

40

50

【図2】コントロールユニットの構成例を示すブロック図である。

【図3】コントロールユニットの電源系統の構成例を示すブロック図である。

【図4】コントロールユニットにおける高圧入力電源回路の具体的な構成の一例を示す。

【図5】バッテリユニットの構成例を示すブロック図である。

【図6】バッテリユニットの電源系統の構成例を示すブロック図である。

【図7】バッテリユニットにおけるチャージャー回路の具体的な構成の一例を示す。

【図8】Aは、太陽電池の電圧 - 電流特性を示すグラフである。Bは、ある曲線により太陽電池の電圧 - 電流特性が表される場合における、太陽電池の端子電圧と太陽電池の発電電力との関係を表したグラフ(P-V曲線)である。

【図9】Aは、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線の変化に対する動作点の変化を説明するための図である。Bは、コントロールユニットおよび複数のバッテリユニットにより協調制御を行う制御システムの構成例を示すブロック図である。10

【図10】Aは、太陽電池に対する照度が減少した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。Bは、太陽電池からみた負荷が増加した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。

【図11】太陽電池に対する照度と太陽電池からみた負荷との両方が変化した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本開示の実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお、説明は、以下の順序で行う。20

<1.一実施形態>

<2.変形例>

なお、以下に説明する実施形態および変形例は、本開示の好適な具体例であり、これらの実施形態および変形例に限定されないものとする。

【0012】

<1.一実施形態>

「システムの構成」

図1は、本開示における制御システムの構成の一例を示す。制御システムは、1または複数のコントロールユニットCUと、1または複数のバッテリユニットBUとから構成される。図1に例示する制御システム1は、1のコントロールユニットCUと、3個のバッテリユニットBUa、BUb、BUCとから構成される。以下の説明において、個々のバッテリユニットを区別する必要がないときは、バッテリユニットBUと適宜称する。30

【0013】

制御システム1では、複数のバッテリユニットBUを独立して制御することが可能とされている。さらに、複数のバッテリユニットBUはそれぞれ独立して、制御システム1に接続できる。例えば、バッテリユニットBUaおよびバッテリユニットBUbが制御システム1に接続された状態で、新たにバッテリユニットBUCを制御システム1に接続することができる。バッテリユニットBUa～バッテリユニットBUCが制御システム1に接続された状態で、バッテリユニットBUbのみを制御システム1から離脱することができる。40

【0014】

コントロールユニットCUとそれぞれのバッテリユニットBUとが、電力ラインによって接続されている。電力ラインは、例えば、コントロールユニットCUからバッテリユニットBUに電力が伝送される電力ラインL1と、バッテリユニットBUからコントロールユニットCUに電力が伝送される電力ラインL2とからなる。コントロールユニットCUとそれぞれのバッテリユニットBUとの間で、信号ラインSLを介した双方向の通信がなされる。通信は、例えば、SMBus(System Management Bus)やUART(Universal asynchronous Receiver-Transmitter)などの仕様に準じた通信がなされる。

【0015】

10

20

30

40

50

信号ライン S L は、1 または複数のラインによって構成され、用途に応じて、使用されるラインが定義されている。信号ライン S L は共通化されており、信号ライン S L に対して各バッテリユニット B U が接続される。各バッテリユニット B U は、信号ライン S L を介して伝送される制御信号のヘッダ部を分析して、自己に対する制御信号か否かを判別する。制御信号のレベル等を適宜、設定することで、バッテリユニット B U に対するコマンドを伝送できる。バッテリユニット B U からコントロールユニット C U に対する応答は他のバッテリユニット B U にも伝送されるが、他のバッテリユニット B U は、応答が伝送されることに応じた動作をする事はない。なお、この例では、電力の伝送および通信が有線により行われるものとして説明するが、無線によって行われるようにしてよい。

【0016】

10

「コントロールユニットの構成の概要」

コントロールユニット C U は、高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 を含む構成とされる。コントロールユニット C U は、1 または複数の第 1 の装置を有する。この例では、コントロールユニット C U は、2 個の第 1 の装置を有し、高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 がそれぞれ第 1 の装置に対応している。なお、高圧および低圧という表現を使用しているが、高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 に入力される電圧が同じ入力範囲でもかまわない。高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 が受け入れることができる電圧の入力範囲が重複しても一向に構わない。

【0017】

20

高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 に、環境に応じて発電する発電部によって生成された電圧が供給される。例えば、発電部は、太陽光や風力によって発電する装置である。一方で、この発電部は、自然環境に応じて発電する装置に限られない。例えば、発電部が人力によって発電する装置として構成されてもよい。このように、発電エネルギーが環境や状況に応じて変動する発電装置を想定しているが、変動しない物も受けいれることができある。そのため、図示しているように、A C 電力の入力も行われるようになっている。なお、高圧入力電源回路 1 1 および低圧入力電源回路 1 2 には、同一の発電部または異なる発電部から電圧が供給される。そして、発電部によって生成される電圧が第 1 の電圧の一例とされる。

【0018】

30

高圧入力電源回路 1 1 には、例えば、太陽光発電によって生成された 7 5 V (ボルト) ~ 1 0 0 V 程度の D C (Direct Current) 電圧 (V 1 0) が供給される。高圧入力電源回路 1 1 に、1 0 0 V ~ 2 5 0 V 程度の A C (Alternating Current) 電圧が供給されてもよい。高圧入力電源回路 1 1 は、太陽光発電から供給される電圧 V 1 0 の変動に応じて第 2 の電圧を生成する。例えば、電圧 V 1 0 が、高圧入力電源回路 1 1 によって降圧されることで第 2 の電圧が生成される。第 2 の電圧は、例えば、4 5 ~ 4 8 V の範囲内の D C 電圧である。

【0019】

40

高圧入力電源回路 1 1 は、電圧 V 1 0 が 7 5 V のときは、電圧 V 1 0 を 4 5 V に変換する。電圧 V 1 0 が 1 0 0 V のときは、電圧 V 1 0 を 4 8 V に変換する。電圧 V 1 0 が 7 5 V から 1 0 0 V の範囲を変化するのに応じて、高圧入力電源回路 1 1 は、4 5 V から 4 8 V の範囲で略リニアに変化させて、第 2 の電圧を生成する。高圧入力電源回路 1 1 は、生成した第 2 の電圧を出力する。なお、変化率をリニアにせず、各種フィードバック回路を用いて、その出力をそのまま利用するようにしてもよい。

【0020】

50

低圧入力電源回路 1 2 には、例えば、風力発電や人力によって生成された 1 0 V ~ 4 0 V 程度の範囲の D C 電圧 (V 1 1) が供給される。低圧入力電源回路 1 2 は、高圧入力電源回路 1 1 と同様に、電圧 V 1 1 の変動に応じて第 2 の電圧を生成する。低圧入力電源回路 1 2 は、電圧 V 1 1 が 1 0 V ~ 4 0 V の範囲を変化することにともなって、電圧 V 1 1 を、例えば、4 5 V ~ 4 8 V の範囲の D C 電圧に昇圧する。昇圧された D C 電圧が低圧入力電源回路 1 2 から出力される。

【0021】

高圧入力電源回路11および低圧入力電源回路12からの出力電圧の両方もしくは一方が、バッテリユニットBUに供給される。図では、バッテリユニットBUに供給されるDC電圧がV12として示されている。上述したように、電圧V12は、例えば、45～48Vの範囲のDC電圧である。電圧V12によって、複数のバッテリユニットBUのうち全部または一部が充電される。なお、放電しているバッテリユニットBUに対しては、充電はなされない。

【0022】

コントロールユニットCUに対して、パーソナルコンピュータが接続可能とされてもよい。例えば、USB(Universal Serial Bus)によって、コントロールユニットCUとパーソナルコンピュータとが接続される。パーソナルコンピュータを使用して、コントロールユニットCUに対する制御がなされるようにしてもよい。10

【0023】

「バッテリユニットの構成の概要」

第2の装置の一例であるバッテリユニットの構成の概要について説明する。以下、バッテリユニットBUaを例にして説明するが、バッテリユニットBUbおよびバッテリユニットBUCは、特に断わらない限り同一の構成とされる。

【0024】

バッテリユニットBUaは、チャージャー(充電)回路41aと、ディスチャージャー(放電)回路42aと、バッテリBaとを含む構成とされる。他のバッテリユニットBUも同様に、チャージャー(充電)回路と、ディスチャージャー(放電)回路と、バッテリとを含む構成とされている。以下の説明において、個々のバッテリを区別する必要がないときは、バッテリBと適宜称する。20

【0025】

チャージャー回路41aは、コントロールユニットCUから供給される電圧V12をバッテリBaに適応した電圧に変換する。変換された電圧に基づいて、バッテリBaが充電される。なお、チャージャー回路41aは、電圧V12の変動に応じて、バッテリBaに対する充電レートを変化させる。

【0026】

バッテリBaから出力された電力がディスチャージャー回路42aに供給される。バッテリBaからは、例えば、12～55V程度の範囲のDC電圧が出力される。ディスチャージャー回路42aによって、バッテリBaから供給されたDC電圧V13に変換される。電圧V13は、例えば、48VのDC電圧である。電圧V13が、電力ラインL3を介して、ディスチャージャー回路42aからコントロールユニットCUに対して出力される。なお、バッテリBaから出力されたDC電圧が、ディスチャージャー回路42aを介さずに、外部機器に対して直接、供給されるようにしてもよい。30

【0027】

バッテリBは、リチウムイオンバッテリ、オリビン型リン酸鉄リチウムイオンバッテリ、鉛バッテリなどである。各バッテリユニットBUのバッテリBが異なるバッテリでもよい。例えば、バッテリユニットBUaのバッテリBaおよびバッテリユニットBUbのバッテリBbは、リチウムイオンバッテリで構成される。バッテリユニットBUCのバッテリBcは、鉛バッテリで構成される。バッテリBにおけるバッテリセルの個数および接続様態は適宜、変更可能である。複数のバッテリセルが直列または並列に接続されてもよい。複数のバッテリセルが直列に接続されたものが並列に接続されるようにしてもよい。40

【0028】

複数のバッテリユニットが放電するときは、負荷が軽い場合には、出力電圧が最も高い電圧が電圧V13として電力ラインL2に供給される。負荷が重くなるにつれて、複数のバッテリユニットからの出力が合成され、合成された出力が電力ラインL2に供給される。電力ラインL2を介して、電圧V13がコントロールユニットCUに供給される。電圧V13がコントロールユニットCUの出力ポートから出力される。コントロールユニット50

C Uに対しては、複数のバッテリユニットB Uから分散して電力を供給することができる。このため、個々のバッテリユニットB Uの負担を軽減することが可能となる。

【0029】

例えば、以下のような使用形態が考えられる。バッテリユニットB U aから出力される電圧V 1 3がコントロールユニットC Uを介して外部機器に供給される。バッテリユニットB U bに対しては、コントロールユニットC Uから電圧V 1 2が供給され、バッテリユニットB U bのバッテリB bが充電される。バッテリユニットB U cは、予備電源として使用される。例えば、バッテリユニットB U aの残容量が低下した際に、使用するバッテリユニットをバッテリユニットB U aからバッテリユニットB U cに切り換える。バッテリユニットB U cから出力された電圧V 1 3が外部機器に供給される。もちろん、上述した使用形態は一例であり、これに限定されることはない。10

【0030】

「コントロールユニットの内部構成」

図2は、コントロールユニットC Uの内部構成の一例を示す。上述したように、コントロールユニットC Uは、高圧入力電源回路1 1および低圧入力電源回路1 2を含む構成とされる。高圧入力電源回路1 1は、AC入力をDC出力に変換するAC - DCコンバータ1 1 aと、電圧V 1 0を45V～48Vの範囲のDC電圧に降圧するDC - DCコンバータ1 1 bとを含む構成とされる。AC - DCコンバータ1 1 aおよびDC - DCコンバータ1 1 bの方式については、公知のものを適用できる。なお、高圧入力電源回路1 1にDC電圧のみが供給されるときは、AC - DCコンバータ1 1 aがなくてもよい。20

【0031】

DC - DCコンバータ1 1 bの入力段および出力段のそれぞれに、電圧センサと、電子スイッチと、電流センサとが接続されている。図2および後述する図5では、電圧センサを四角で、電子スイッチを丸で、電流センサを斜線が付された丸で、それぞれ簡略化して示している。DC - DCコンバータ1 1 bの入力段には、電圧センサ1 1 cと、電子スイッチ1 1 dと、電流センサ1 1 eとが接続されている。DC - DCコンバータ1 1 bの出力段には、電流センサ1 1 fと、電子スイッチ1 1 gと、電圧センサ1 1 hとが接続されている。各センサによって得られるセンサ情報が後述するCPU(Central Processing Unit)1 3に供給される。各電子スイッチのオン／オフがCPU1 3によって制御される。30

【0032】

低圧入力電源回路1 2は、電圧V 1 1を45V～48Vの範囲のDC電圧に昇圧するDC - DCコンバータ1 2 aを含む構成とされる。低圧入力電源回路1 2の入力段および出力段のそれぞれに、電圧センサと、電子スイッチと、電流センサとが接続されている。DC - DCコンバータ1 2 aの入力段には、電圧センサ1 2 bと、電子スイッチ1 2 cと、電流センサ1 2 dとが接続されている。DC - DCコンバータ1 2 aの出力段には、電流センサ1 2 eと、電子スイッチ1 2 fと、電圧センサ1 2 gとが接続されている。各センサによって得られるセンサ情報が後述するCPU1 3に供給される。各スイッチのオン／オフがCPU1 3によって制御される。

【0033】

なお、図において、センサから伸びる矢印が、センサ情報がCPU1 3に供給されることを示している。電子スイッチに対する矢印は、電子スイッチに対してCPU1 3による制御がなされることを示している。40

【0034】

高圧入力電源回路1 1の出力電圧がダイオードを介して出力される。低圧入力電源回路1 2の出力電圧がダイオードを介して出力される。高圧入力電源回路1 1の出力電圧および低圧入力電源回路1 2の出力電圧が合成され、合成された電圧V 1 2が電力ラインL 1を介してバッテリユニットB Uに出力される。バッテリユニットB Uから供給された電圧V 1 3が、電力ラインL 2を介してコントロールユニットC Uに供給される。次に、コントロールユニットC Uに供給された電圧V 1 3が、電力ラインL 3を介して外部機器に供給される。なお、図において、外部機器に供給される電圧を電圧V 1 4として示している50

。

【0035】

電力ラインL3がバッテリユニットBUと接続されてもよい。このような構成により、例えば、バッテリユニットBUaから出力された電力が、電力ラインL2を介してコントロールユニットCUに供給される。供給された電力が電力ラインL3を介してバッテリユニットBUbに供給され、バッテリユニットBUbを充電することができる。なお、図示は省略しているが、電力ラインL2を介してコントロールユニットCUに供給された電力が、電力ラインL1に供給されるようにしてもよい。

【0036】

コントロールユニットCUは、CPU13を含む構成とされる。CPU13は、コントロールユニットCUの各部を制御する。例えば、高圧入力電源回路11および低圧入力電源回路12における電子スイッチをオン／オフする。さらに、CPU13は、各バッテリユニットBUに制御信号を供給する。CPU13は、例えば、バッテリユニットBUの電源をオンさせる制御信号や、充電または放電を指示する制御信号を、バッテリユニットBUに供給する。CPU13は、バッテリユニットBU毎に異なる内容の制御信号を出力することができる。

10

【0037】

CPU13は、バス14を介してメモリ15、D/A(Digital to Analog)変換部16、A/D(Analog to Digital)変換部17および温度センサ18と接続されている。バス14は、例えば、I²Cバスで構成される。メモリ15は、EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)などの不揮発性メモリにより構成される。D/A変換部16は、各種の処理で使用されるデジタル信号をアナログ信号に変換する。

20

【0038】

CPU13には、電圧センサや電流センサにより測定されたセンサ情報が入力される。センサ情報は、A/D変換部17によってデジタル信号に変換された後に、CPU13に入力される。温度センサ18は、環境温度を測定する。例えば、コントロールユニットCU内部の温度や、コントロールユニットCUの周囲の温度を測定する。

【0039】

CPU13が通信機能を有していてもよい。例えば、CPU13とパーソナルコンピュータ(PC)19との間で通信のやり取りがなされてもよい。パーソナルコンピュータに限らず、インターネットなどのネットワークに接続された機器とCPU13との間で通信がなされるようにしてもよい。

30

【0040】

「コントロールユニットの電源系統」

図3は、コントロールユニットCUの、主に電源系統に関する構成の一例を示す。高圧入力電源回路11の出力段には、逆流防止用のダイオード20が接続されている。低圧入力電源回路12の出力段には、逆流防止用のダイオード21が接続されている。ダイオード20およびダイオード21により、高圧入力電源回路11および低圧入力電源回路12がOR接続される。高圧入力電源回路11および低圧入力電源回路12の出力が合成されてバッテリユニットBUに供給される。実際には、高圧入力電源回路11および低圧入力電源回路12の出力のうち、電圧が高い一方の出力がバッテリユニットBUに供給されるものの、負荷となるバッテリユニットBUの電力消費量に応じて、両方から電力が供給される状況にもなる。

40

【0041】

コントロールユニットCUには、ユーザによって操作可能なメインスイッチSW1が設けられている。メインスイッチSW1がオンされることでCPU13に電力が供給され、コントロールユニットCUが起動する。CPU13に、例えば、コントロールユニットCUに内蔵されるバッテリ22から電力が供給される。バッテリ22は、リチウムイオンバッテリなどの充電可能なバッテリである。バッテリ22からのDC電圧がDC-DCコンバータ23によって、CPU13が動作する電圧に変換される。変換された電圧がCPU

50

13の電源電圧として供給される。このように、コントロールユニットCUの起動時には、バッテリ22が使用される。バッテリ22に対する制御は、例えば、CPU13によってなされる。

【0042】

高圧入力電源回路11や低圧入力電源回路12、あるいはバッテリユニットBUから供給される電力によってバッテリ22を充電することができる。バッテリユニットBUから供給された電力がチャージャー回路24に供給される。チャージャー回路24は、DC-DCコンバータを含む構成とされる。バッテリユニットBUから供給された電圧V13がチャージャー回路24によって所定のレベルのDC電圧に変換される。変換されたDC電圧がバッテリ22に供給される。供給されたDC電圧によってバッテリ22が充電される
10。

【0043】

なお、高圧入力電源回路11や低圧入力電源回路12、あるいはバッテリユニットBUから供給される電圧V13によってCPU13が動作するようにもよい。バッテリユニットBUから供給された電圧V13がDC-DCコンバータ25によって所定のレベルの電圧に変換される。変換された電圧が、電源電圧としてCPU13に供給され、CPU13が動作する。

【0044】

コントロールユニットCUが起動した後に、V10およびV11の少なくとも一方が入力されると電圧V12が生成される。電圧V12が、電力ラインL1を介してバッテリユニットBUに供給される。このとき、CPU13は、信号ラインSLを使用してバッテリユニットBUと通信を行う。この通信によって、CPU13は、バッテリユニットBUに対して起動および放電を指示する制御信号を出力する。そして、CPU13は、スイッチSW2をオンする。スイッチSW2は、例えば、FET(Field Effect Transistor)から構成される。IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)によって構成されてもよい。スイッチSW2がオンされることで、バッテリユニットBUからコントロールユニットCUに電圧V13が供給される。
20

【0045】

スイッチSW2の出力側には、逆流防止用のダイオード26が接続されている。ダイオード26を接続することにより、太陽電池や風力発電などから供給される不安定な電力が、外部機器に直接供給されることを防止できる。そして、外部機器には、バッテリユニットBUから供給される安定した電力を供給できる。もちろん、安全のために、バッテリユニットBUの最終段にもダイオードを設けてもよい。
30

【0046】

バッテリユニットBUから供給された電力を外部機器に供給するときは、CPU13は、スイッチSW3をオンする。スイッチSW3がオンされることで、電圧V13に基づく電圧V14が、電力ラインL3を介して外部機器に供給される。なお、電圧V14が他のバッテリユニットBUに供給され、他のバッテリユニットBUのバッテリBが電圧V14によって充電されてもよい。

【0047】

「高圧入力電源回路の構成例」

図4は、高圧入力電源回路の具体的な構成の一例を示す。図4に示すように、高圧入力電源回路11は、DC-DCコンバータ11bと、後述するフィードフォワード制御系とを備えている。図4では、電圧センサ11c、電子スイッチ11d、電流センサ11e、電流センサ11f、電子スイッチ11gおよび電圧センサ11hならびにダイオード20などの図示を省略している。
40

【0048】

低圧入力電源回路12は、DC-DCコンバータ12aが昇圧型のDC-DCコンバータとされること以外は、高圧入力電源回路11の構成とほぼ同様の構成を備えているため、図示および説明を省略する。
50

【0049】

D C - D C コンバータ 11 b は、例えば、スイッチング素子などを含む一次側回路 32 と、トランジスタ 33 と、整流素子などを含む二次側回路 34 とから構成される。図 4 に例示する D C - D C コンバータ 11 b は、電流共振型のコンバータ (L L C 共振コンバータ) である。

【0050】

フィードフォワード制御系は、オペアンプ 35、トランジスタ 36、抵抗 R c 1、R c 2 および R c 3 を含み、フィードフォワード制御系の出力は、例えば、D C - D C コンバータ 11 b の一次側回路 32 のドライバに備えられた制御用端子に入力される。D C - D C コンバータ 11 b は、制御用端子に対する入力電圧が一定となるように、高圧入力電源回路 11 からの出力電圧を調整する。10

【0051】

高圧入力電源回路 11 がフィードフォワード制御系を備えることにより、高圧入力電源回路 11 からの出力電圧の値が、あらかじめ設定された範囲内の電圧値となるように調整される。したがって、高圧入力電源回路 11 を備えるコントロールユニット CU は、例えば、太陽電池などからの入力電圧の変化に応じて出力電圧を変化させる電圧変換装置の機能を有している。

【0052】

図 4 に示すように、高圧入力電源回路 11 からは、コンデンサ 31 を含む A C - D C コンバータ 11 a、一次側回路 32、トランジスタ 33、二次側回路 34 を介して出力電圧が取り出される。A C - D C コンバータ 11 a は、コントロールユニット CU の外部からの入力が交流電源であるときに配置される力率補正 (Power Factor Correction) 回路である。20

【0053】

コントロールユニット CU からの出力は、電力ライン L 1 により、バッテリユニット BU に送出される。例えば、個々のバッテリユニット BU a、BU b、BU c、・・・は、逆流防止用のダイオード D 1、D 2、D 3、・・・を介して、出力端子 Te 1、Te 2、Te 3、・・・にそれぞれ接続される。

【0054】

以下、高圧入力電源回路 11 に備えられたフィードフォワード制御系について説明する。30

【0055】

オペアンプ 35 の非反転入力端子に対しては、高圧入力電源回路 11 への入力電圧を k c 倍 (k_c : 数十 ~ 百分の一程度) した電圧が入力される。一方、オペアンプ 35 の反転入力端子 c 1 に対しては、あらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} を k_c 倍した電圧が入力されている。オペアンプ 35 の反転入力端子 c 1 に対する入力電圧 ($k_c \times V_{t_0}$) は、例えば、D / A 変換部 16 から印加される。電圧 V_{t_0} の値は、例えば、D / A 変換部 16 の内蔵メモリに保持され、必要に応じて、電圧 V_{t_0} の値を変更することが可能とされている。電圧 V_{t_0} の値が、バス 14 を介して CPU 13 に接続されたメモリ 15 に保持され、これを D / A 変換部 16 に転送するようにしてもよい。40

【0056】

オペアンプ 35 の出力端子はトランジスタ 36 のベースに接続されており、トランジスタ 36 により、オペアンプ 35 の非反転入力端子に対する入力電圧と反転入力端子に対する入力電圧との差に応じた電圧 - 電流変換が行われる。

【0057】

トランジスタ 36 のエミッタに接続された抵抗 R c 2 の抵抗値は、抵抗 R c 2 と並列に接続される抵抗 R c 1 の抵抗値に対して大とされている。

【0058】

例えば、高圧入力電源回路 11 に対する入力電圧が、あらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} よりも十分に高い電圧であったとする。このとき、トランジスタ 36 はオンであり50

、抵抗 R_{c1} および抵抗 R_{c2} の合成抵抗の値が抵抗 R_{c1} の抵抗値より小となるため、図4に示すf点の電位はグラウンド電位に近づく。

【0059】

すると、フォトカプラ37を介して接続された、一次側回路32のドライバに備えられた制御用端子に対する入力電圧が低下する。制御用端子に対する入力電圧の低下を検出したDC-DCコンバータ11bは、制御用端子に対する入力電圧が一定となるように、高圧入力電源回路11からの出力電圧を引き上げる。

【0060】

逆に、例えば、コントロールユニットCUに接続された太陽電池の端子電圧が低下し、高圧入力電源回路11に対する入力電圧が、あらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} に近づいたとする。

10

【0061】

高圧入力電源回路11に対する入力電圧が下がってくると、トランジスタ36の状態が、オンからオフの状態に近づく。トランジスタ36の状態がオンからオフの状態に近づくに伴い、抵抗 R_{c1} および抵抗 R_{c2} には電流が流れにくくなり、図4に示すf点の電位が上昇する。

【0062】

すると、一次側回路32のドライバに備えられた制御用端子に対する入力電圧が一定に保たれなくなるため、DC-DCコンバータ11bは、制御用端子に対する入力電圧が一定となるように、高圧入力電源回路11からの出力電圧を引き下げる。

20

【0063】

すなわち、高圧入力電源回路11は、入力電圧があらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} よりも十分に高い電圧である場合には、出力電圧を引き上げる。また、高圧入力電源回路11は、太陽電池の端子電圧が低下して、入力電圧があらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} に近づくと、出力電圧を引き下げる。このように、高圧入力電源回路11を備えるコントロールユニットCUは、入力電圧の大きさに応じて出力電圧を動的に変化させる。

【0064】

さらに、以下に説明するように、高圧入力電源回路11は、コントロールユニットCUの出力側で必要とされる電圧の変化に対しても出力電圧を動的に変化させる。

【0065】

例えば、太陽電池の発電中に、コントロールユニットCUに対して電気的に接続されるバッテリユニットBUの数が増加したとする。すなわち、太陽電池の発電中において、太陽電池からみた負荷が増加したとする。

30

【0066】

この場合、コントロールユニットCUに対して新たにバッテリユニットBUが電気的に接続されることにより、コントロールユニットCUに接続されている太陽電池の端子電圧が下がることになる。すると、高圧入力電源回路11に対する入力電圧が低下するに伴い、トランジスタ36の状態が、オンからオフの状態に近づくこととなり、高圧入力電源回路11からの出力電圧が引き下げられる。

【0067】

一方、例えば、太陽電池の発電中に、コントロールユニットCUに対して電気的に接続されたバッテリユニットBUの数が減少したとすると、太陽電池からみた負荷が減少するため、コントロールユニットCUに接続された太陽電池の端子電圧が上昇する。高圧入力電源回路11に対する入力電圧が、あらかじめ定められた一定の電圧 V_{t_0} よりも十分に高い電圧になると、一次側回路32のドライバに備えられた制御用端子に対する入力電圧が低下し、高圧入力電源回路11からの出力電圧が引き上げられる。

40

【0068】

なお、抵抗 R_{c1} 、 R_{c2} および R_{c3} の抵抗値は、高圧入力電源回路11からの出力電圧の値があらかじめ設定された範囲内の電圧値となるように適宜選択される。すなわち、抵抗 R_{c1} および R_{c2} の抵抗値により、高圧入力電源回路11からの出力電圧の上限

50

がきめられる。トランジスタ 3 6 は、高圧入力電源回路 1 1 に対する入力電圧が所定の値を超えているときに、高圧入力電源回路 1 1 からの出力電圧の値が、あらかじめ設定された上限の電圧値を超えないようにするために配置されている。

【 0 0 6 9 】

一方、高圧入力電源回路 1 1 からの出力電圧の下限は、後述するように、チャージャー回路 4 1 a におけるフィードフォワード制御系のオペアンプの反転入力端子に対する入力電圧によってきめられる。

【 0 0 7 0 】

「バッテリユニットの内部構成」

図 5 は、バッテリユニット B U の内部構成の一例を示す。ここでは、バッテリユニット B U a を例にして説明する。特に断らない限り、バッテリユニット B U b およびバッテリユニット B U c は、バッテリユニット B U a と同様の構成とされる。

【 0 0 7 1 】

バッテリユニット B U a は、チャージャー回路 4 1 a と、ディスチャージャー回路 4 2 a と、バッテリ B a とを含む構成とされる。コントロールユニット C U からチャージャー回路 4 1 a に対して、電圧 V 1 2 が供給される。バッテリユニット B U a からの出力である電圧 V 1 3 が、ディスチャージャー回路 4 2 a を介してコントロールユニット C U に供給される。ディスチャージャー回路 4 2 a から外部機器に対して、直接、電圧 V 1 3 が供給されるようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

チャージャー回路 4 1 a は、DC - DC コンバータ 4 3 a を備える。チャージャー回路 4 1 a に入力される電圧 V 1 2 が、DC - DC コンバータ 4 3 a によって所定電圧に変換される。変換された所定電圧がバッテリ B a に供給され、バッテリ B a が充電される。所定電圧は、バッテリ B a の種類等によって異なる。DC - DC コンバータ 4 3 a の入力段には、電圧センサ 4 3 b と、電子スイッチ 4 3 c と、電流センサ 4 3 d とが接続されている。DC - DC コンバータ 4 3 a の出力段には、電流センサ 4 3 e と、電子スイッチ 4 3 f と、電圧センサ 4 3 g とが接続されている。

【 0 0 7 3 】

ディスチャージャー回路 4 2 a は、DC - DC コンバータ 4 4 a を備える。バッテリ B a からディスチャージャー回路 4 2 a に供給される DC 電圧が、DC - DC コンバータ 4 4 a によって電圧 V 1 3 に変換される。変換された電圧 V 1 3 がディスチャージャー回路 4 2 a から出力される。DC - DC コンバータ 4 4 a の入力段には、電圧センサ 4 4 b と、電子スイッチ 4 4 c と、電流センサ 4 4 d とが接続されている。DC - DC コンバータ 4 4 a の出力段には、電流センサ 4 4 e と、電子スイッチ 4 4 f と、電圧センサ 4 4 g とが接続されている。

【 0 0 7 4 】

バッテリユニット B U a は、CPU 4 5 を備える。CPU 4 5 は、バッテリユニット B U の各部を制御する。例えば、電子スイッチのオン / オフを制御する。過充電防止機能や過電流防止機能などの、バッテリ B の安全を確保する処理を CPU 4 5 が行うようにしてもよい。CPU 4 5 は、バス 4 6 に接続されている。バス 4 6 は、例えば、I²C バスである。

【 0 0 7 5 】

バス 4 6 には、メモリ 4 7 と、A / D 変換部 4 8 と、温度センサ 4 9 とが接続されている。メモリ 4 7 は、例えば、EEPROM などの書き換え可能な不揮発性メモリである。A / D 変換部 4 8 は、例えば、電圧センサや電流センサによって得られるアナログのセンサ情報をデジタル情報に変換する。A / D 変換部 4 8 によってデジタル信号へと変換されたセンサ情報が CPU 4 5 に供給される。温度センサ 4 9 は、バッテリユニット B U 内の所定箇所の温度を測定する。温度センサ 4 9 は、例えば、CPU 4 5 が実装される基板の周囲の温度と、チャージャー回路 4 1 a およびディスチャージャー回路 4 2 a の温度と、バッテリ B a の温度とを測定する。

10

20

30

40

50

【0076】

「バッテリユニットの電源系統」

図6は、バッテリユニットB U aの、主に電源系統に関する構成の一例を示す。バッテリユニットB U aには、メインスイッチは設けられていない。バッテリB aとC P U 4 5との間には、スイッチS W 5およびD C - D Cコンバータ3 9が接続されている。バッテリB aとディスチャージャー回路4 2 aとの間には、スイッチS W 6が接続されている。チャージャー回路4 1 aの入力段には、スイッチS W 7が接続されている。ディスチャージャー回路4 2 aの出力段には、スイッチS W 8が接続されている。それぞれのスイッチS Wは、例えば、F E Tにより構成される。

【0077】

10

バッテリユニットB U aは、例えば、コントロールユニットC Uからの制御信号によって起動される。コントロールユニットC Uから、所定の信号ラインを介して、例えば、ハイレベルの制御信号が常に供給されている。このため、バッテリユニットB U aのポートを所定の信号ラインに接続するだけでハイレベルの制御信号がスイッチS W 5に供給され、スイッチS W 5がオンされる。スイッチS W 5がオンすることで、バッテリユニットB U aが起動する。スイッチS W 5がオンすることで、バッテリB aからのD C電圧がD C - D Cコンバータ3 9に供給される。D C - D Cコンバータ3 9によって、C P U 4 5を動作させる電源電圧が生成される。生成された電源電圧がC P U 4 5に供給され、C P U 4 5が動作する。

【0078】

20

C P U 4 5は、コントロールユニットC Uの指示に応じた制御を実行する。コントロールユニットC UからC P U 4 5に対して、例えば、充電指示の制御信号が供給される。充電指示に応じて、C P U 4 5は、スイッチS W 6およびスイッチS W 8をオフした後にスイッチS W 7をオンする。スイッチS W 7がオンされることで、コントロールユニットC Uから供給される電圧V 1 2が、チャージャー回路4 1 aに供給される。チャージャー回路4 1 aによって電圧V 1 2が所定電圧に変換され、変換された所定電圧によってバッテリB aが充電される。なお、バッテリBに対する充電方法は、バッテリBの種類に応じて適宜変更することができる。

【0079】

30

コントロールユニットC UからC P U 4 5に対して、例えば、放電指示の制御信号が供給される。放電指示に応じて、C P U 4 5は、スイッチS W 7をオフし、スイッチS W 6およびスイッチS W 8をオンする。例えば、スイッチS W 6をオンしてから、一定時間後にスイッチS W 8をオンする。スイッチS W 6がオンされることで、バッテリB aからのD C電圧がディスチャージャー回路4 2 aに供給される。ディスチャージャー回路4 2 aによって、バッテリB aからのD C電圧が電圧V 1 3に変換される。変換された電圧V 1 3が、スイッチS W 8を介してコントロールユニットC Uに供給される。なお、本例では省略しているが、他のバッテリユニットB Uからの出力と衝突しないようにするために、スイッチS W 8の後段にダイオードを追加するようにしてもよい。

【0080】

40

なお、C P U 4 5の制御によって、ディスチャージャー回路4 2 aのオン／オフを切り換えることができる（図中のC P U 4 5からディスチャージャー回路4 2 aに出ているおON／OFF信号線）。例えば、スイッチS W 6の出力側に、図示しないスイッチS W（説明の便宜を考慮して、スイッチS W 1 0と称する）が設けられている。スイッチS W 1 0は、ディスチャージャー回路4 2 aを経由する第1の経路と、ディスチャージャー回路4 2 aを経由しない第2の経路とを切り換えるスイッチである。

【0081】

ディスチャージャー回路4 2 aをオンするときは、C P U 4 5は、スイッチS W 1 0を第1の経路に接続する。これにより、スイッチS W 6からの出力がディスチャージャー回路4 2 aを介してスイッチS W 8に供給される。ディスチャージャー回路4 2 aをオフするときは、C P U 4 5は、スイッチS W 1 0を第2の経路に接続する。これにより、スイ

50

ツチ SW 6 からの出力がディスチャージャー回路 4 2 a を介さずに直接、スイッチ SW 8 に供給される。

【 0 0 8 2 】

「チャージャー回路の構成例」

図 7 は、バッテリユニットにおけるチャージャー回路の具体的な構成の一例を示す。図 7 に示すように、チャージャー回路 4 1 a は、DC - DC コンバータ 4 3 a と、後述するフィードフォワード制御系およびフィードバック制御系とを備えている。なお、図 7 では、電圧センサ 4 3 b、電子スイッチ 4 3 c、電流センサ 4 3 d、電流センサ 4 3 e、電子スイッチ 4 3 f、電圧センサ 4 3 g ならびにスイッチ SW 7 などの図示を省略している。

【 0 0 8 3 】

各バッテリユニット BU におけるチャージャー回路も、図 7 に示すチャージャー回路 4 1 a の構成とほぼ同様の構成を備えている。

【 0 0 8 4 】

DC - DC コンバータ 4 3 a は、例えば、トランジスタ 5 1、コイル 5 2、制御用 IC (Integrated Circuit) 5 3 などから構成される。トランジスタ 5 1 は、制御用 IC 5 3 により制御される。

【 0 0 8 5 】

フィードフォワード制御系は、高圧入力電源回路 1 1 と同様に、オペアンプ 5 5、トランジスタ 5 6、抵抗 R b 1、R b 2 および R b 3 を含む。フィードフォワード制御系の出力は、例えば、DC - DC コンバータ 4 3 a の制御用 IC 5 3 に備えられた制御用端子に入力される。DC - DC コンバータ 4 3 a 中の制御用 IC 5 3 は、制御用端子に対する入力電圧が一定となるように、チャージャー回路 4 1 a からの出力電圧を調整する。

【 0 0 8 6 】

すなわち、チャージャー回路 4 1 a に備えられたフィードフォワード制御系は、高圧入力電源回路 1 1 に備えられたフィードフォワード制御系と同様に作用する。

【 0 0 8 7 】

チャージャー回路 4 1 a がフィードフォワード制御系を備えることにより、チャージャー回路 4 1 a からの出力電圧の値が、あらかじめ設定された範囲内の電圧値となるように調整される。チャージャー回路からの出力電圧の値が、あらかじめ設定された範囲内の電圧値に調整されることにより、コントロールユニット CU に電気的に接続された各バッテリ B に対する充電電流が、高圧入力電源回路 1 1 からの入力電圧の変化に応じて調整される。したがって、チャージャー回路を備えるバッテリユニット BU は、各バッテリ B に対する充電レートを変化させる充電装置の機能を有している。

【 0 0 8 8 】

コントロールユニット CU に電気的に接続された各バッテリ B に対する充電レートが変化させられることにより、各バッテリユニット BU のチャージャー回路に対する入力電圧の値（高圧入力電源回路 1 1 または低圧入力電源回路 1 2 からの出力電圧の値といつてもよい。）が、あらかじめ設定された範囲内の電圧値となるように調整される。

【 0 0 8 9 】

チャージャー回路 4 1 a への入力は、例えば、上述したコントロールユニット CU の高圧入力電源回路 1 1 または低圧入力電源回路 1 2 からの出力である。したがって、例えば、図 4 に示す端子 Te 1、Te 2、Te 3、・・・のいずれかと、チャージャー回路 4 1 a の入力端子とが接続されている。

【 0 0 9 0 】

図 7 に示すように、チャージャー回路 4 1 a からは、DC - DC コンバータ 4 3 a、電流センサ 5 4、フィルタ 5 5 を介して出力電圧が取り出される。チャージャー回路 4 1 a の端子 Tb 1 には、バッテリ B a が接続される。すなわち、チャージャー回路 4 1 a からの出力は、バッテリ B a に対する入力となる。

【 0 0 9 1 】

後述するように、各チャージャー回路からの出力電圧の値は、各チャージャー回路に接

10

20

30

40

50

続されるバッテリの種類に応じて、あらかじめ設定された範囲内の電圧値となるように調整されている。各チャージャー回路からの出力電圧の範囲は、抵抗 R_b1、R_b2 および R_b3 の抵抗値が適宜選択されることにより調整される。

【0092】

このように、各チャージャー回路からの出力電圧の範囲が、チャージャー回路に接続されるバッテリの種類に応じて個別にきめられるため、バッテリユニット BU に備えられるバッテリ B の種類は特に限定されない。各チャージャー回路内の抵抗 R_b1、R_b2 および R_b3 の抵抗値を、接続されるバッテリ B の種類に応じて適宜選択すればよいからである。

【0093】

なお、図 7 ではフィードフォワード制御系の出力が制御用 IC53 の制御用端子に入力される構成を例示したが、バッテリユニット BU の CPU45 が、制御用 IC53 の制御用端子に入力を与えるようにしてもよい。例えば、バッテリユニット BU の CPU45 が、信号ライン SL を介してバッテリユニット BU に対する入力電圧に関する情報をコントロールユニット CU の CPU13 から取得するようにしてもよい。コントロールユニット CU の CPU13 は、電圧センサ 11h や電圧センサ 12g などの測定結果から、バッテリユニット BU に対する入力電圧に関する情報を取得することが可能である。

【0094】

以下、チャージャー回路 41a に備えられたフィードフォワード制御系について説明する。

【0095】

オペアンプ 55 の非反転入力端子に対する入力は、チャージャー回路 41a への入力電圧を k_b 倍 (k_b : 数十 ~ 百分の一程度) した電圧とされる。一方、オペアンプ 55 の反転入力端子 b₁ に対する入力は、高圧入力電源回路 11 または低圧入力電源回路 12 からの出力電圧の下限として設定しようとする電圧 V_b を k_b 倍した電圧である。オペアンプ 55 の反転入力端子 b₁ に対する入力電圧 (k_b × V_b) は、例えば、CPU45 から印加される。

【0096】

したがって、チャージャー回路 41a に備えられたフィードフォワード制御系は、チャージャー回路 41a に対する入力電圧が、あらかじめ定められた一定の電圧 V_b よりも十分に高い電圧である場合に、チャージャー回路 41a からの出力電圧を引き上げる。また、チャージャー回路 41a に対する入力電圧が、あらかじめ定められた一定の電圧 V_b に近づくと、フィードフォワード制御系は、チャージャー回路 41a からの出力電圧を引き下げる。

【0097】

トランジスタ 56 は、図 4 に示すトランジスタ 36 と同様に、チャージャー回路 41a に対する入力電圧が所定の値を超えていたときに、チャージャー回路 41a からの出力電圧の値が、あらかじめ設定された上限を超えないようにするために配置されている。なお、チャージャー回路 41a からの出力電圧の値の範囲は、抵抗 R_b1、R_b2 および R_b3 の抵抗値の組み合わせによってきまる。そのため、抵抗 R_b1、R_b2 および R_b3 の抵抗値は、各チャージャー回路に接続されるバッテリ B の種類に応じて調整される。

【0098】

また、チャージャー回路 41a は、上述したように、フィードバック制御系をも備えている。フィードバック制御系は、例えば、電流センサ 54、オペアンプ 57 およびトランジスタ 58 などから構成される。

【0099】

バッテリ Ba に供給される電流量があらかじめ設定された規定値を超えると、フィードバック制御系により、チャージャー回路 41a からの出力電圧が引き下げられ、バッテリ Ba に供給される電流量が制限される。フィードバック制御系による、バッテリ Ba に供給される電流量の制限の程度は、各チャージャー回路に接続されるバッテリ B の定格にあ

10

20

30

40

50

わせてきめられる。

【0100】

フィードフォワード制御系またはフィードバック制御系により、チャージャー回路41aからの出力電圧が引き下げられると、バッテリB aに供給される電流量が制限されることになる。バッテリB aに供給される電流量が制限されると、結果として、チャージャー回路41aに接続されたバッテリB aに対する充電が減速される。

【0101】

次に、本開示の実施形態の理解を容易とするため、M P P T制御と、電圧追従法による制御とを例にとり、それぞれの制御方式について説明する。

【0102】

10

「M P P T制御」

まず、以下に、M P P T制御の概略について説明を行う。

【0103】

図8Aは、太陽電池の電圧 - 電流特性を示すグラフである。図8A中、縦軸は、太陽電池の端子電流を表し、横軸は、太陽電池の端子電圧を表している。図8A中、 I_{sc} は、光照射時において、太陽電池の端子間を短絡したときの出力電流を表し、 V_{oc} は、光照射時において、太陽電池の端子間を開放したときの出力電圧を表している。 I_{sc} および V_{oc} は、それぞれ短絡電流および開放電圧と呼ばれる。

【0104】

20

図8Aに示すように、光照射時において、太陽電池の端子電流は、太陽電池の端子間を短絡したときが最大であり、このとき、太陽電池の端子電圧はほぼ0Vである。一方、光照射時において、太陽電池の端子電圧は、太陽電池の端子間を開放したときが最大であり、このとき、太陽電池の端子電流はほぼ0Aである。

【0105】

20

いま、太陽電池の電圧 - 電流特性を示すグラフが、図8Aに示す曲線C1で表されるとする。ここで、太陽電池に対して負荷を接続したとすると、接続される負荷の必要としている消費電力により、太陽電池から取りだされる電圧と電流がきまる。このときの太陽電池の端子電圧および端子電流の組により表される、曲線C1上の点を、太陽電池の動作点という。なお、図8Aは、動作点の位置を模式的に示したものであり、実際の動作点の位置を示すものではない。本開示の他の図における動作点に関しても、同様とする。

30

【0106】

太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線上において動作点を変化させると、端子電圧と端子電流との積、すなわち発電電力が最大となる端子電圧 V_a および端子電流 I_a の組が見つかる。太陽電池により得られる電力が最大となる端子電圧 V_a および端子電流 I_a の組により表される点は、太陽電池の最適動作点と呼ばれる。

【0107】

40

太陽電池の電圧 - 電流特性を示すグラフが図8Aに示す曲線C1で表されるとき、太陽電池から得られる最大の電力は、最適動作点を与える V_a と I_a との積により求められる。すなわち、太陽電池の電圧 - 電流特性を示すグラフが図8Aに示す曲線C1で表されるとき、太陽電池から得られる最大の電力は、図8Aにおいて網掛けで示された領域の面積($V_a \times I_a$)により表される。なお、($V_a \times I_a$)を($V_{oc} \times I_{sc}$)で割った量がフィルファクタである。

【0108】

最適動作点は、太陽電池に接続される負荷の必要としている電力により変化し、最適動作点を表す点 P_A は、太陽電池に接続される負荷の必要としている電力の変化にしたがって曲線C1上を動く。負荷の必要としている電力量が少ない場合、負荷への電流の供給は、最適動作点における端子電流よりも少ない電流で事足りる。そのため、このときの太陽電池の端子電圧の値は、最適動作点における電圧値よりも高い値になる。一方、負荷の必要としている電力量が、最適動作点で供給できる電力量よりも大きい場合には、この時点の照度で提供できる電力を超えているため、太陽電池の端子電圧が0まで低下していくも

50

のと考えられる。

【0109】

図8Aに示す曲線C2およびC3は、例えば、太陽電池に対する照度が変化した場合における、太陽電池の電圧・電流特性を示している。例えば、図8Aに示す曲線C2は、太陽電池に対する照度が増加した場合における電圧・電流特性に対応し、図8Aに示す曲線C3は、太陽電池に対する照度が減少した場合における電圧・電流特性に対応する。

【0110】

例えば、太陽電池に対する照度が増加し、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が、曲線C1から曲線C2に変化したとすると、最適動作点も太陽電池に対する照度の増加に伴って変化する。なお、このとき、最適動作点は、曲線C1上の点から曲線C2上の点につつる。

【0111】

MPP制御とは、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線の変化に対して最適動作点を求め、太陽電池から得られる電力が最大となるように、太陽電池の端子電圧（または端子電流）を制御することにほかならない。

【0112】

図8Bは、ある曲線により太陽電池の電圧・電流特性が表される場合における、太陽電池の端子電圧と太陽電池の発電電力との関係を表したグラフ（P-V曲線）である。

【0113】

図8Bに示すように、最大動作点を与える端子電圧において、太陽電池の発電電力が最大値 P_{max} をとるものとすると、最大動作点を与える端子電圧は、山登り法と呼ばれる手法により求めることができる。以下に説明する一連の手順は、一般的には、太陽電池と、電力系統との間に接続されるパワーコンディショナー（power conditioner）のCPUなどにより実行される。

【0114】

例えば、まず、太陽電池から入力される電圧の初期値を V_0 として、このときの発電電力 P_0 が計算される。次に、 $V_1 = V_0 + \Delta$ （ここでは $\Delta > 0$ とする。）として、太陽電池から入力される電圧がだけ増加させられる。次に、太陽電池から入力される電圧を V_1 として、このときの発電電力 P_1 が計算される。次に、得られた P_0 と P_1 とが比較され、 $P_1 > P_0$ である場合には、 $V_2 = V_1 + \Delta$ として、太陽電池から入力される電圧がだけ増加させられる。次に、太陽電池から入力される電圧を V_2 として、このときの発電電力 P_2 が計算される。次に、得られた P_1 と P_2 とが比較され、 $P_2 > P_1$ である場合には、 $V_3 = V_2 + \Delta$ として、太陽電池から入力される電圧がだけ増加させられる。次に、太陽電池から入力される電圧を V_3 として、このときの発電電力 P_3 が計算される。

【0115】

ここで、 $P_3 < P_2$ であったとすると、最大動作点を与える端子電圧は、 V_2 と V_3 との間にある。このように、の大きさを調節することにより、任意の精度で最大動作点を与える端子電圧を求めることができる。上述した手順に、二分法（bisection method algorithm）を適用してもよい。なお、太陽電池の光照射面に部分的に影ができたときなど、P-V曲線が2以上のピークを有していると単純な山登り法では対応できないため、制御プログラムに工夫が必要である。

【0116】

MPP制御によれば、太陽電池からみた負荷が常に最適になるように端子電圧が調整されるため、それぞれの気象条件下で、太陽電池から最大の電力を取り出すことができる。その一方で、最大動作点を与える端子電圧の計算にアナログ／デジタル変換（A/D変換）が必要とされるほか、計算に乗算が含まれるために、制御に時間を要してしまう。そのため、MPP制御では、空が急に曇りだして太陽電池に対する照度が急激に変化したときなど、太陽電池に対する照度の急激な変化に対応できないときがある。

【0117】

「電圧追従法による制御」

10

20

30

40

50

ここで、図8Aに示す曲線C1～C3を比較すると、太陽電池に対する照度の変化（電圧・電流特性を表す曲線の変化といつてもよい。）に対して、開放電圧V_{oc}の変化は、短絡電流I_{sc}の変化と比較して小さい。また、いずれの太陽電池もよく似た電圧・電流特性を示し、最大動作点を与える端子電圧は、結晶シリコン太陽電池の場合、開放電圧のおよそ80%の付近にあることが知られている。したがって、太陽電池の端子電圧として適当な電圧値を設定し、太陽電池の端子電圧が、その設定された電圧値となるようにコンバータの出力電流を調整すれば、太陽電池から効率よく電力を取り出せると予想される。このような電流制限による制御は、電圧追従法と呼ばれる。

【0118】

以下に、電圧追従法による制御の概略を説明する。前提として、太陽電池とパワーコンディショナーとの間にスイッチング素子が配置され、太陽電池とスイッチング素子との間に電圧測定手段が配置されているものとする。また、太陽電池は、光照射がされた状態にあるものとする。

【0119】

まず、スイッチング素子がオフとされ、スイッチング素子のオフから所定の時間が経過した時に、電圧測定手段により太陽電池の端子電圧が測定される。スイッチング素子のオフから太陽電池の端子電圧の測定までに所定の時間の経過を待つのは、太陽電池の端子電圧が安定するのを待つためである。このときの端子電圧は、開放電圧V_{oc}である。

【0120】

次に、測定により得られた開放電圧V_{oc}の例えは80%の電圧値が、目標電圧値として計算され、目標電圧値がメモリなどに一時的に保持される。次に、スイッチング素子がオンとされ、パワーコンディショナー内のコンバータへの通電が開始される。このとき、太陽電池の端子電圧が、目標電圧値となるように、コンバータの出力電流が調整される。上述した一連の手順が、任意の時間間隔で実行される。

【0121】

電圧追従法による制御は、MPP制御と比較して、太陽電池により得られる電力の損失が大きいが、簡単な回路で実現でき、低コストであるため、コンバータを備えるパワーコンディショナーを、安価なものとできる。

【0122】

図9Aは、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線の変化に対する動作点の変化を説明するための図である。図9A中、縦軸は、太陽電池の端子電流を表し、横軸は、太陽電池の端子電圧を表している。また、図9A中の白丸は、MPP制御を行ったときの動作点を表し、図9A中の黒丸は、電圧追従法による制御を行ったときの動作点を表している。

【0123】

いま、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が、曲線C5であったとする。次に、太陽電池に対する照度の変化に伴い、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が、曲線C5からC8に順に変化したとすると、それぞれの制御方式による動作点も太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線の変化に伴って変化する。なお、太陽電池への照度の変化に対する開放電圧V_{oc}の変化が小さいため、図9A中においては、電圧追従法による制御を行ったときの目標電圧値をほぼ一定の値V_sとみなしている。

【0124】

図9Aからわかるように、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が曲線C6である場合には、MPP制御の動作点と電圧追従法による制御の動作点との間の乖離の度合いは小さい。そのため、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が曲線C6である場合には、いずれの制御の場合においても、太陽電池により得られる発電電力に大きな違いはないと考えられる。

【0125】

一方、太陽電池の電圧・電流特性を表す曲線が曲線C8である場合には、MPP制御の動作点と電圧追従法による制御の動作点との間の乖離の度合いが大きい。例えば、図9Aに示すように、MPP制御を適用したときの端子電圧と電圧追従法による制御を適用

10

20

30

40

50

したときの端子電圧との差 V_6 および V_8 を比較すると、 $V_6 > V_8$ となっている。そのため、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が曲線 C 8 である場合には、M P P T 制御を適用したときに太陽電池から得られる発電電力と電圧追従法による制御を適用したときに太陽電池から得られる発電電力との差は大きい。

【0126】

「コントロールユニットおよびバッテリユニットの協調制御」

次に、コントロールユニットおよびバッテリユニットの協調制御の概略を説明する。以下、コントロールユニットおよびバッテリユニットの協調（連動）による制御を、協調制御と適宜称する。

【0127】

10

図 9B は、コントロールユニットおよび複数のバッテリユニットにより協調制御を行う制御システムの構成例を示すブロック図である。

【0128】

図 9B に示すように、例えば、コントロールユニット CU には、チャージャー回路およびバッテリの組を備える 1 または複数のバッテリユニット BU が接続される。図 9B に示すように、1 または複数のバッテリユニット BU は、電力ライン L 1 に対して並列に接続されている。なお、図 9B ではコントロールユニット CU が 1 つの場合を例示したが、制御システムがコントロールユニット CU を複数備える場合も同様に、1 または複数のコントロールユニット CU は、電力ライン L 1 に対して並列に接続される。

【0129】

20

一般的には、太陽電池から得られた電力により 1 台のバッテリの充電を行おうとする場合、太陽電池とバッテリとの間に介在されたパワーコンディショナーにより、上述した M P P T 制御または電圧追従法による制御が実行される。該 1 台のバッテリには、複数のバッテリが内包されて一体として動作する物も含まれるが、該 1 台のバッテリは、複数のバッテリとはいえ、単一の種類からなることが一般的である。言い換えれば、上述した M P P T 制御または電圧追従法による制御は、太陽電池と、1 台のバッテリとの間に接続されるパワーコンディショナーの単体で実行されることが想定されている。そして、充電中における、充電の対象となるバッテリの台数、構成（並列、直列等の接続の態様）には変化がなく、充電中における、充電の対象となるバッテリの台数、構成は、一般に固定されている。

【0130】

30

一方、協調制御においては、コントロールユニット CU および複数のバッテリユニット BU a、BU b、BU c、・・・のそれぞれが、コントロールユニット CU の出力電圧と、複数個のバッテリユニット BU の必要とする電圧とのバランスがとれるように自律的に制御を行う。上述したように、バッテリユニット BU a、BU b、BU c、・・・に内包されるバッテリ B は、いずれの種類でもよい。すなわち、本開示によるコントロールユニット CU は、複数種のバッテリ B に対する協調制御を行うことが可能とされる。

【0131】

さらに、図 9B に示す構成例では、個々のバッテリユニット BU の着脱も自在であり、太陽電池の発電中に、コントロールユニット CU に接続されるバッテリユニット BU の数も変化しうる。図 9B に示す構成例では、太陽電池の発電中において、太陽電池からみた負荷も変化しうるが、協調制御によれば、太陽電池に対する照度の変化のみならず、太陽電池の発電中における、太陽電池からみた負荷の変化にも対応が可能である。これは、従来の構成にはなかった大きな特徴の一つである。

【0132】

40

上述したコントロールユニット CU とバッテリユニット BU とを接続することにより、コントロールユニット CU からの供給能力に応じて充電レートを動的に変化させる制御システムを構築することが可能となる。以下、協調制御の一例についての説明を行う。なお、以下の説明では、初期の状態において、コントロールユニット CU に対して 1 のバッテリユニット BU a が接続された制御システムを例にとるが、コントロールユニット CU に

50

対して複数のバッテリユニット B U が接続されている場合も同様である。

【 0 1 3 3 】

例えば、コントロールユニット C U の入力側に太陽電池が、出力側にバッテリモジュール B U a が接続されているとする。また、例えば、太陽電池の出力電圧の上限が 100 V あるものとし、太陽電池の出力電圧の下限を 75 V に抑えたいとする。すなわち、 $V_t = 75 V$ と設定されており、オペアンプ 3 5 の反転入力端子に対する入力電圧が、 $(k_c \times 75) V$ であるとする。

【 0 1 3 4 】

また、コントロールユニット C U からの出力電圧の上限および下限が、例えば、48 V および 45 V にそれぞれ設定されているものとする。すなわち、 $V_b = 45 V$ と設定されており、オペアンプ 5 5 の反転入力端子に対する入力電圧が、 $(k_b \times 45) V$ であるとする。なお、コントロールユニット C U からの出力電圧の上限である 48 V という値は、高圧入力電源回路 1 1 内の抵抗 R c 1 および R c 2 を適宜選択することにより調整されている。言い換えれば、コントロールユニット C U からの出力の目標電圧値が、48 V に設定されているものとする。

【 0 1 3 5 】

さらに、バッテリユニット B U a のチャージャー回路 4 1 a からの出力電圧の上限および下限が、例えば、42 V および 28 V にそれぞれ設定されているものとする。したがって、チャージャー回路 4 1 a 内の抵抗 R b 1、R b 2 および R b 3 は、チャージャー回路 4 1 a からの出力電圧の上限および下限がそれぞれ 42 V および 28 V となるように選択されている。

【 0 1 3 6 】

なお、チャージャー回路 4 1 a への入力電圧が上限であるときが、バッテリ B a に対する充電レート 100 % である状態に対応し、入力電圧が下限であるときが、バッテリ B a に対する充電レート 0 % である状態に対応する。すなわち、チャージャー回路 4 1 a への入力電圧が 48 V であるときが、バッテリ B a に対する充電レートが 100 % である状態に対応し、チャージャー回路 4 1 a への入力電圧が 45 V であるときが、バッテリ B a に対する充電レートが 0 % である状態に対応する。入力電圧が 45 V ~ 48 V の範囲で変動することに応じて、充電レートが 0 ~ 100 % の範囲で設定される。

【 0 1 3 7 】

なお、協調制御とは別に、バッテリへの充電レート制御を平行して行うようにしてもよい。すなわち、充電初期では定電流充電が行われるため、チャージャー回路 4 1 a からの出力をフィードバック調整して充電電流を一定以下に保てるよう充電電圧を調整し、最終段階では、充電電圧を一定以下に保つようとする。ここで、調整される充電電圧は、上記協調制御で調整された電圧以下とされる。これにより、コントロールユニット C U から供給される電力内で充電処理がなされる。

【 0 1 3 8 】

まず、太陽電池に対する照度が変化した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化について説明を行う。

【 0 1 3 9 】

図 10 A は、太陽電池に対する照度が減少した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。図 10 A 中、縦軸は、太陽電池の端子電流を表し、横軸は、太陽電池の端子電圧を表している。また、図 10 A 中の白丸は、M P P T 制御を行ったときの動作点を表し、図 10 A 中の網掛けがされた丸は、協調制御を行ったときの動作点を表している。図 10 A に示す曲線 C 5 ~ C 8 は、太陽電池に対する照度が変化した場合における、太陽電池の電圧 - 電流特性を示している。

【 0 1 4 0 】

いま、バッテリ B a の必要としている電力が 100 W (ワット) であるものとし、太陽電池の電圧 - 電流特性が、曲線 C 5 (最も晴れた状態) により表されるとする。このときの太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C 5 上の a 点により表され、太陽電池から高圧入力

10

20

30

40

50

電源回路 11 およびチャージャー回路 41a を介してバッテリ Ba に供給される電力（供給量）が、バッテリ Ba の必要としている電力（需要量）を上回っているとする。

【0141】

太陽電池からバッテリ Ba に供給される電力が、バッテリ Ba の必要としている電力を上回っている場合、コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧（電圧 V12）は、上限の 48V となる。すなわち、バッテリユニット BUa への入力電圧が上限の 48V であるため、バッテリユニット BUa のチャージャー回路 41a からの出力電圧が上限の 42V とされ、バッテリ Ba に対する充電が、充電レート 100% で行われる。なお、余剰分の電力は、例えば、熱などとして捨てられる。なお、バッテリへのチャージを 100% で行うよう説明したが、バッテリへのチャージは 100% に限定されず、充電レートは、バッテリの特性に応じて適宜調整が可能である。10

【0142】

この状態から空が曇りだすと、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線は、曲線 C5 から曲線 C6 へと変化する。空が曇りだすことにより、太陽電池の端子電圧が徐々に低下し、コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧も徐々に低下する。したがって、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が、曲線 C5 から曲線 C6 へと変化することに伴い、太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C6 上の b 点にうつる。

【0143】

この状態からさらに空が曇りだすと、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が曲線 C6 から曲線 C7 へと変化し、太陽電池の端子電圧が徐々に低下することに伴って、コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧も低下する。コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧がある程度低下すると、制御システムは、バッテリ Ba に対して 100% の電力を供給できなくなってくる。20

【0144】

ここで、太陽電池の端子電圧が、100V から、下限である $V_{t_0} = 75V$ に近づいてくると、コントロールユニット CU の高圧入力電源回路 11 は、バッテリユニット BUa に対する出力電圧を、48V から $V_b = 45V$ に向けて引き下げはじめる。

【0145】

コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧が引き下げられると、バッテリユニット BUa への入力電圧が低下するため、バッテリユニット BUa のチャージャー回路 41a は、バッテリ Ba に対する出力電圧を引き下げはじめる。チャージャー回路 41a からの出力電圧が引き下げられると、バッテリ Ba に供給される充電電流が減少されることとなり、チャージャー回路 41a に接続されたバッテリ Ba に対する充電が減速される。すなわち、バッテリ Ba に対する充電レートが引き下げられる。30

【0146】

バッテリ Ba に対する充電レートが引き下げられると、消費電力が低下することになるため、太陽電池からみた負荷が小さくなる。すると、太陽電池からみた負荷の減少分だけ太陽電池の端子電圧が上昇（回復）する。

【0147】

太陽電池の端子電圧が上昇すると、コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧の引き下げの度合いが減少し、バッテリユニット BUa への入力電圧が上昇する。バッテリユニット BUa への入力電圧が上昇することにより、バッテリユニット BUa のチャージャー回路 41a は、チャージャー回路 41a からの出力電圧を引き上げ、バッテリ Ba に対する充電レートを引き上げる。40

【0148】

バッテリ Ba に対する充電レートが引き上げられると、太陽電池からみた負荷が大きくなり、太陽電池からみた負荷の増加分だけ太陽電池の端子電圧が低下する。太陽電池の端子電圧が低下すると、コントロールユニット CU の高圧入力電源回路 11 は、バッテリユニット BUa に対する出力電圧を引き下げる。

【0149】

以後、コントロールユニットCUからのバッテリユニットBUaに対する出力電圧が、ある値に収束して電力の需要量と供給量との間のバランスのとれるまで、上述した充電レートの調整が自動的に繰り返される。

【0150】

協調制御は、MPP制御とは異なり、ソフトウェアによる制御ではない。そのため、協調制御には、最大動作点を与える端子電圧の計算が不要である。また、協調制御による充電レートの調整においては、CPUによる計算が介在しない。そのため、協調制御は、MPP制御と比較して消費電力が小さく、上述した充電レートの調整も、数ナノ秒～数百ナノ秒程度と短時間で実行される。

【0151】

また、高圧入力電源回路11およびチャージャー回路41aは、自身に対する入力電圧の大きさを検知して出力電圧を調整するだけなので、アナログ/デジタル変換も不要であり、コントロールユニットCUとバッテリユニットBUaとの間の通信も不要である。したがって、協調制御は、複雑な回路を必要とせず、協調制御を実現するための回路は、小さなものとなる。

【0152】

ここで、曲線C5上の点aにいたときはコントロールユニットCUが100Wの電力を供給できていたと仮定し、コントロールユニットCUからのバッテリユニットBUaに対する出力電圧がある値に収束したとする。すなわち、太陽電池の動作点が、例えば、曲線C7上のc点にうつったとする。このとき、バッテリBaに対して供給される電力は100Wを下回ることとなるが、図10Aに示すように、電圧 V_{t_0} の値の選び方によっては、MPP制御行った場合と比較しても遜色のない電力をバッテリBaに対して供給することができる。

【0153】

さらに空が曇りだすと、太陽電池の電圧-電流特性を表す曲線は、曲線C7から曲線C8へと変化し、太陽電池の動作点は、例えば、曲線C8上のd点にうつる。

【0154】

図10Aに示すように、協調制御のもとでは、電力の需要量と供給量との間のバランスが調整されるので、太陽電池の端子電圧が電圧 V_{t_0} を下回ることはない。すなわち、協調制御のもとでは、太陽電池に対する照度が極端に低下した場合であっても、太陽電池の端子電圧が電圧 V_{t_0} を下回ることはない。

【0155】

太陽電池に対する照度が極端に低下した場合、太陽電池の端子電圧が、電圧 V_{t_0} に近い値となり、バッテリBaに対して供給される電流量は、ごくわずかなものとなる。したがって、太陽電池に対する照度が極端に低下した場合には、バッテリBaの充電に時間を要することとなるが、制御システムにおける電力の需要量と供給量との間のバランスがとれているため、制御システムがダウンすることはない。

【0156】

上述したように、協調制御による充電レートの調整は、非常に短時間で実行されるため、協調制御によれば、急に空が曇りだして太陽電池に対する照度が急激に減少した場合であっても、制御システムのダウンを回避することができる。

【0157】

次に、太陽電池からみた負荷が変化した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化について説明を行う。

【0158】

図10Bは、太陽電池からみた負荷が増加した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。図10B中、縦軸は、太陽電池の端子電流を表し、横軸は、太陽電池の端子電圧を表している。また、図10B中の網掛けがされた丸は、協調制御を行ったときの動作点を表している。

【0159】

10

20

30

40

50

いま、太陽電池に対する照度の変化がないものとし、太陽電池の電圧 - 電流特性が、図 10B に示す曲線 C0 により表されるとする。

【0160】

制御システムの起動の直後においては、制御システム内部の電力消費がほぼないと考えられるため、太陽電池の端子電圧は、開放電圧にほぼ等しいと考えてよい。したがって、制御システムの起動の直後における太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C0 上の e 点にあるものと考えてよい。なお、このときのコントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa に対する出力電圧は、上限である 48V と考えてよい。

【0161】

バッテリユニット BUa に接続されたバッテリ Ba に対する電力の供給が開始されると、太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C0 上の g 点にうつる。なお、本例の説明においては、バッテリ Ba の必要としている電力が 100W であるため、図 10B に網掛けで示す領域 S1 の面積は、100W に等しい。

【0162】

太陽電池の動作点が曲線 C0 上の g 点にあるときの制御システムの状態は、太陽電池から高圧入力電源回路 11 およびチャージャー回路 41a を介してバッテリ Ba に供給される電力が、バッテリ Ba の必要としている電力を上回っている状態である。したがって、太陽電池の動作点が曲線 C0 上の g 点にあるときの太陽電池の端子電圧、コントロールユニット CU からの出力電圧およびバッテリ Ba に供給される電圧は、それぞれ 100V、48V および 42V である。

【0163】

ここで、バッテリユニット BUa と同様の構成を備えるバッテリユニット BUb が、コントロールユニット CU に対して新たに接続されたとする。バッテリユニット BUa に接続されているバッテリ Ba と同様に、バッテリユニット BUb に接続されているバッテリ Bb が、充電のために 100W の電力を必要とするものとすると、消費電力が増加し、太陽電池からみた負荷が急激に大きくなる。

【0164】

合計で 200W の電力を 2 つのバッテリに供給するためには、例えば、バッテリユニット BUa のチャージャー回路 41a およびバッテリユニット BUb のチャージャー回路 41b からの出力電圧を維持させたまま、出力電流の合計を 2 倍にしなければならない。

【0165】

ところが、発電装置が太陽電池である場合、チャージャー回路 41a および 41b からの出力電流の増加に伴って太陽電池の端子電圧も低下してしまうため、太陽電池の動作点が g 点にあるときと比較して、出力電流の合計を 2 倍より大きくする必要がある。そうすると、図 10B に示すように、太陽電池の動作点が、例えば、曲線 C0 上の h 点になればならないこととなり、太陽電池の端子電圧が極端に低下してしまう。太陽電池の端子電圧が極端に低下すると、制御システムがダウンするおそれがある。

【0166】

協調制御では、バッテリユニット BUb が新たに接続されたことにより、太陽電池の端子電圧が低下すると、制御システムにおける電力の需要量と供給量との間のバランスの調整がなされる。具体的には、バッテリ Ba およびバッテリ Bb に供給される電力が合計で例えば 150W となるように、2 つのバッテリに対する充電レートが自動的に引き下げられる。

【0167】

すなわち、バッテリユニット BUb が新たに接続されたことにより、太陽電池の端子電圧が低下すると、コントロールユニット CU からのバッテリユニット BUa および BUb に対する出力電圧も低下する。太陽電池の端子電圧が、100V から、下限である $V_t = 75V$ に近づいてくると、コントロールユニット CU の高圧入力電源回路 11 は、バッテリユニット BUa および BUb に対する出力電圧を、48V から $V_b = 45V$ に向けて引き下げはじめる。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 8 】

コントロールユニット C U からのバッテリユニット B U a および B U b に対する出力電圧が引き下げられると、バッテリユニット B U a および B U b への入力電圧が低下する。すると、バッテリユニット B U a のチャージャー回路 4 1 a およびバッテリユニット B U b のチャージャー回路 4 1 b は、バッテリ B a および B b に対する出力電圧をそれぞれ引き下げはじめる。チャージャー回路からの出力電圧が引き下げられると、チャージャー回路に接続されたバッテリに対する充電が減速される。すなわち、それぞれのバッテリに対する充電レートが引き下げられることになる。

【 0 1 6 9 】

それぞれのバッテリに対する充電レートが引き下げられると、全体として消費電力が低下することになるため、太陽電池からみた負荷が小さくなり、太陽電池からみた負荷の減少分だけ太陽電池の端子電圧が上昇（回復）する。10

【 0 1 7 0 】

以後、太陽電池に対する照度が急激に減少した場合と同様にして、コントロールユニット C U からのバッテリユニット B U a および B U b に対する出力電圧が、ある値に収束して電力の需要量と供給量との間のバランスのとれるまで、充電レートの調整が行われる。

【 0 1 7 1 】

なお、実際に収束する電圧値がいくつになるかは状況によって異なる。そのため、実際に収束する電圧値ははっきりとはわからないが、太陽電池の端子電圧が下限である $V_{t_0} = 75V$ になると充電がなされなくなるため、下限である V_{t_0} の値よりは若干高い電圧で収束するものと推定される。また、個々のバッテリユニットは連動制御されていないため、個々のバッテリユニットが同じ構成であっても、使用される素子のばらつきにより充電レートは異なっているものと推測される。ただし、結果として全体を協調制御できることに変わりはない。20

【 0 1 7 2 】

協調制御による充電レートの調整が非常に短時間で実行されるため、バッテリユニット B U b が新たに接続されると、太陽電池の動作点は、曲線 C 0 上の g 点から i 点へとうつる。なお、図 10 Bにおいては、説明の都合上、曲線 C 0 上に太陽電池の動作点の一例として h 点を図示したが、協調制御のもとでは、太陽電池の動作点が実際に h 点にうつるわけではない。30

【 0 1 7 3 】

このように、協調制御では、太陽電池からみた負荷の増加に対して、個々のバッテリユニット B U のチャージャー回路が、自身に対する入力電圧の大きさを検知して、個々のバッテリユニット B U のチャージャー回路が、自身の吸いこむ電流量を自動的に抑制する。協調制御によれば、コントロールユニット C U に対して接続されるバッテリユニット B U の数が増加して太陽電池からみた負荷が急激に増加した場合であっても、制御システムのダウンを回避することができる。

【 0 1 7 4 】

次に、太陽電池に対する照度と太陽電池からみた負荷との両方が変化した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化について説明を行う。40

【 0 1 7 5 】

図 11 は、太陽電池に対する照度と太陽電池からみた負荷との両方が変化した場合における、協調制御を行ったときの動作点の変化を説明するための図である。図 11 中、縦軸は、太陽電池の端子電流を表し、横軸は、太陽電池の端子電圧を表している。また、図 11 中の網掛けがされた丸は、協調制御を行ったときの動作点を表している。図 11 に示す曲線 C 5 ~ C 8 は、太陽電池に対する照度が変化した場合における、太陽電池の電圧 - 電流特性を示している。

【 0 1 7 6 】

まず、コントロールユニット C U に対して、充電のために 100W の電力を必要とするバッテリ B a を備えたバッテリユニット B U a が接続されているものとする。また、この50

ときの太陽電池の電圧 - 電流特性が、曲線 C 7 により表され、太陽電池の動作点が、曲線 C 7 上の p 点により表されるとする。

【 0 1 7 7 】

図 1 1 に示すように、p 点における太陽電池の端子電圧が、太陽電池の出力電圧の下限としてあらかじめ設定された電圧 V_{t_0} にかなり近づいているとする。太陽電池の端子電圧が電圧 V_{t_0} にかなり近づいていることは、制御システムにおいて、協調制御による充電レートの調整が実行され、充電レートが非常に抑えられていることを意味する。すなわち、太陽電池の動作点が図 1 1 に示す p 点により表される状態では、チャージャー回路 4 1 a を介してバッテリ B a に供給される電力が、太陽電池から高圧入力電源回路 1 1 に供給される電力を大幅に上回っていることを示している。したがって、太陽電池の動作点が図 1 1 に示す p 点により表される状態においては、充電レートの調整が大きくなされ、バッテリ B a を充電するチャージャー回路 4 1 a に対しては、100W よりもかなり小なる電力が供給されている。

【 0 1 7 8 】

次に、太陽電池に対する照度が増加し、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が、曲線 C 7 から曲線 C 6 へと変化したとする。また、バッテリユニット B U a と同様の構成を備えるバッテリユニット B U b が、コントロールユニット C U に対して新たに接続されたとする。このとき、太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C 7 上の p 点から、曲線 C 6 上の q 点にうつる。

【 0 1 7 9 】

コントロールユニット C U に対して 2 つのバッテリユニットが接続されたことにより、チャージャー回路 4 1 a、4 1 b がバッテリ B a、B b にフルで充電する際の消費電力は 200W となるが、太陽電池に対する照度が十分でない場合、協調制御が継続され、消費電力が、200W 未満（例えば 150W など）に調整される。

【 0 1 8 0 】

次に、空が晴れあがるなどして、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が、曲線 C 6 から曲線 C 5 へと変化したとする。このとき、太陽電池に対する照度の増加に伴って太陽電池の発電電力が増加してくると、太陽電池からの出力電流が増加する。

【 0 1 8 1 】

太陽電池に対する照度が十分に増加し、太陽電池の発電電力がさらに増加すると、あるところで太陽電池の端子電圧が電圧 V_{t_0} と比較して十分大きい値となる。太陽電池から高圧入力電源回路 1 1 ならびにチャージャー回路 4 1 a および 4 1 b を介して 2 つのバッテリに供給される電力が、2つのバッテリを充電するのに必要としている電力を上回ると、協調制御による充電レートの調整が緩和されるか、自動的に解除される。

【 0 1 8 2 】

このとき、太陽電池の動作点は、例えば、曲線 C 5 上の r 点で表され、個々のバッテリ B a および B b に対する充電は、100% の充電レートで行われる。

【 0 1 8 3 】

次に、太陽電池に対する照度が減少し、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が、曲線 C 5 から曲線 C 6 へと変化したとする。

【 0 1 8 4 】

すると、太陽電池の端子電圧が低下し、太陽電池の端子電圧があらかじめ設定された電圧 V_{t_0} に近づくと、協調制御による充電レートの調整が再び実行される。このときの太陽電池の動作点は、曲線 C 6 上の q 点で表される。

【 0 1 8 5 】

次に、太陽電池に対する照度がさらに減少し、太陽電池の電圧 - 電流特性を表す曲線が、曲線 C 6 から曲線 C 8 へと変化したとする。

【 0 1 8 6 】

すると、太陽電池の端子電圧が電圧 V_{t_0} を下回らないよう充電レートが調整されるため、太陽電池からの端子電流が減少し、太陽電池の動作点が、曲線 C 6 上の q 点から、

10

20

30

40

50

曲線 C 8 上の s 点にうつる。

【 0 1 8 7 】

協調制御では、個々のバッテリユニット B U に対する入力電圧があらかじめ定められた電圧 V_{t_0} を下回らないように、コントロールユニット C U と個々のバッテリユニット B U との間で電力の需要量と供給量との間のバランスが調整される。したがって、協調制御によれば、個々のバッテリユニット B U からみた入力側の供給能力に応じて、個々のバッテリ B に対する充電レートをリアルタイムで変化させることができる。このように、協調制御によれば、太陽電池に対する照度の変化のみならず、太陽電池からみた負荷の変化に対しても対応が可能である。

【 0 1 8 8 】

上述したように、本開示は、商用電源を必要としない。したがって、電源装置や電力網が整備されていない地域においても、本開示は有効である。

【 0 1 8 9 】

< 2 . 変形例 >

以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示は、上述した実施形態に限定されることはなく、種々の変形が可能である。実施形態における構成、数値、材料などは全て一例であり、例示した構成等に限定されることはない。例示した構成等は、技術的矛盾が生じない範囲において、適宜、変更することができる。

【 0 1 9 0 】

制御システムにおけるコントロールユニットおよびバッテリユニットが携帯可能とされてもよい。上述した制御システムが、例えば、自動車や家屋などに適用されてもよい。

【 0 1 9 1 】

なお、本開示は、以下の構成をとることもできる。

(1)

発電部から第 1 の電圧が供給され、

前記第 1 の電圧の変動に応じて第 2 の電圧を生成する第 1 の装置と、

前記第 1 の装置から前記第 2 の電圧が供給され、

前記第 2 の電圧の変動に応じて、バッテリに対する充電レートを変化させる第 2 の装置と

からなる制御システム。

(2)

前記第 1 の装置は、

前記第 1 の電圧が低下することに応じて、前記第 2 の電圧を低下させる(1)に記載の制御システム。

(3)

前記第 2 の装置は、

前記第 2 の電圧が低下することに応じて、前記充電レートを小さくする(1)または(2)に記載の制御システム。

(4)

前記第 2 の電圧が電力ラインを介して供給される(1)乃至(3)のいずれか 1 に記載の制御システム。

(5)

前記第 2 の装置は、前記電力ラインにおける前記第 2 の電圧を取得する(4)に記載の制御システム。

(6)

前記発電部は、環境に応じて発電する(1)乃至(5)のいずれか 1 に記載の制御システム。

(7)

複数の第 1 の装置と、複数の第 2 の装置とからなる(1)乃至(6)のいずれか 1 に記載の制御システム。

10

20

30

40

50

(8)

発電部から第1の電圧が供給され、前記第1の電圧の変動に応じて第2の電圧を生成する装置と接続され、

前記装置から前記第2の電圧が供給され、

前記第2の電圧の変動に応じて、バッテリに対する充電レートを変化させる制御装置。

(9)

第1の装置に対して、発電部から第1の電圧が供給され、

前記第1の装置によって、前記第1の電圧の変動に応じて第2の電圧が生成され、

第2の装置に対して、前記第1の装置から前記第2の電圧が供給され、

前記第2の装置によって、前記第2の電圧の変動に応じてバッテリに対する充電レート 10
が変化させられる

制御方法。

【符号の説明】

【 0 1 9 2 】

1 制御システム

1 1 . . . 高圧入力電源回路

1 2 . . . 低圧入力電源回路

4 1 a . . . チャージャー回路

B a . . . バッテリ

C U . . . コントロールユニット

B U . . . バッテリユニット

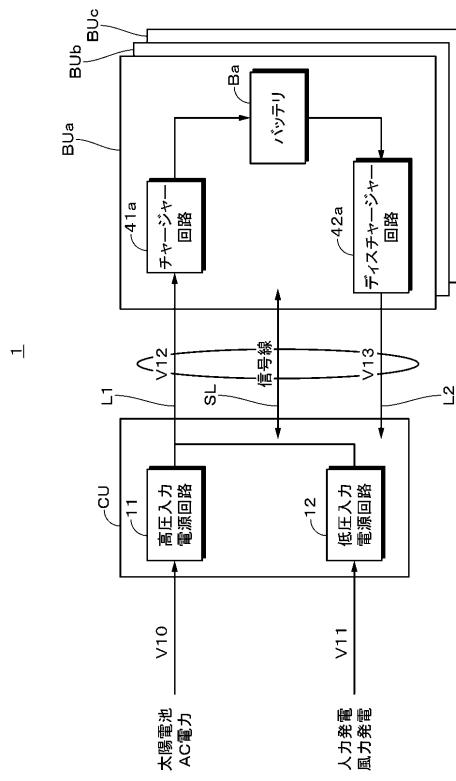
V 1 0 (V 1 1) . . . 第1の電圧

V 1 2 . . . 第2の電圧

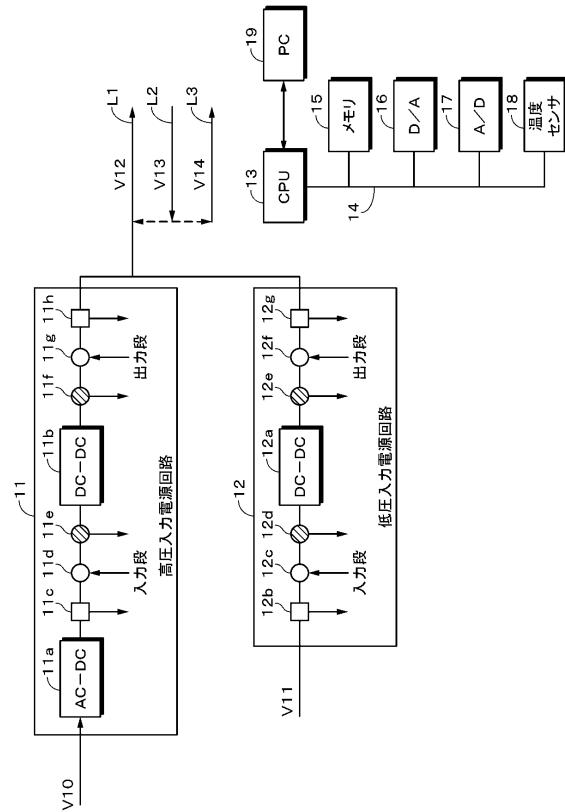
10

20

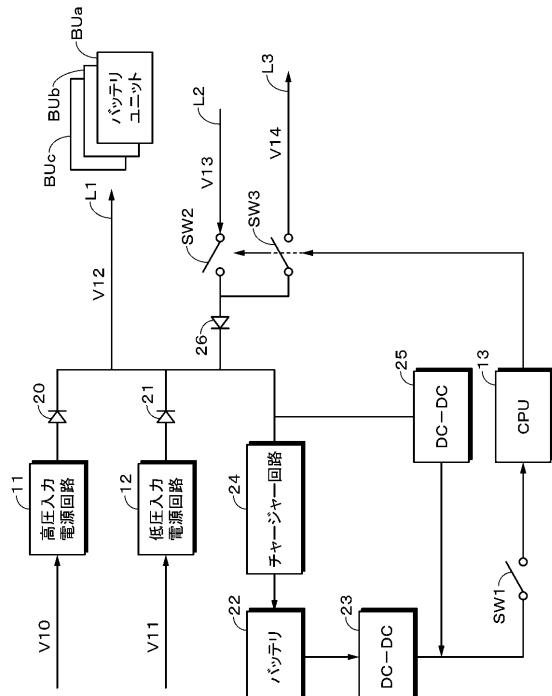
【図1】



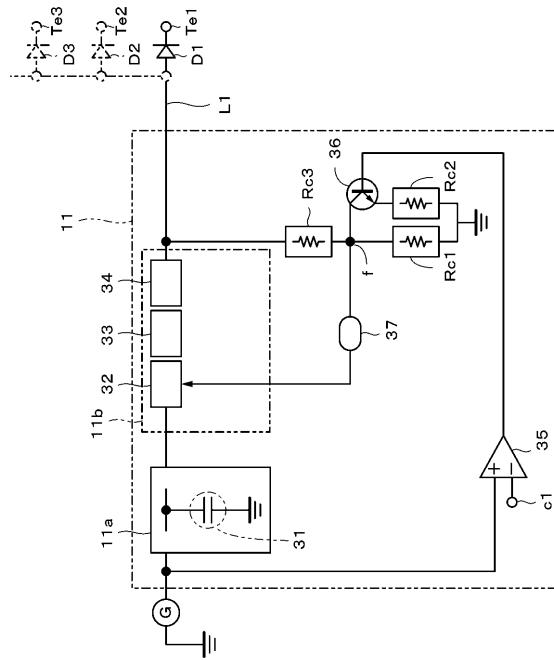
【図2】



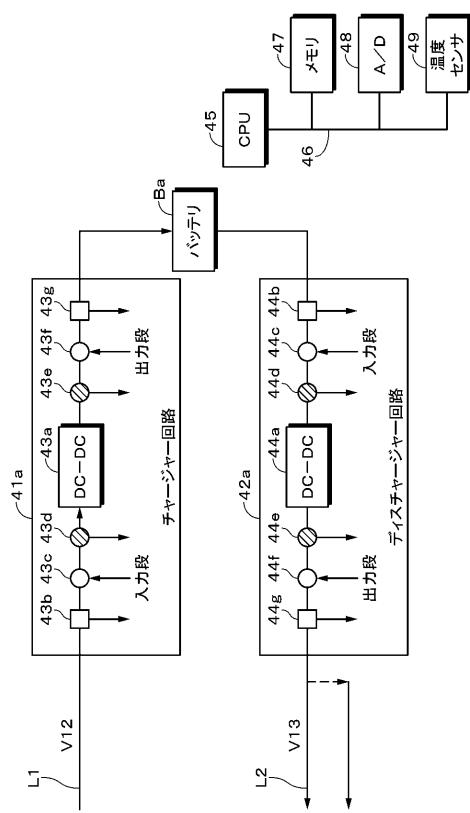
【図3】



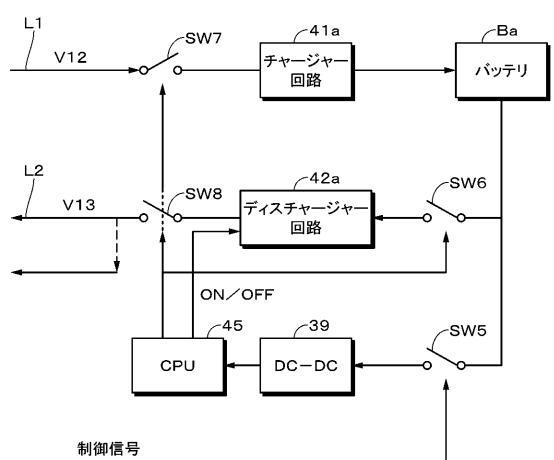
【図4】



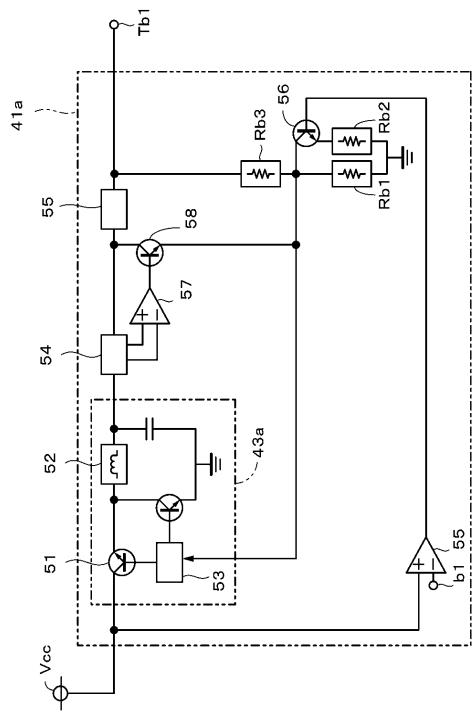
【図5】



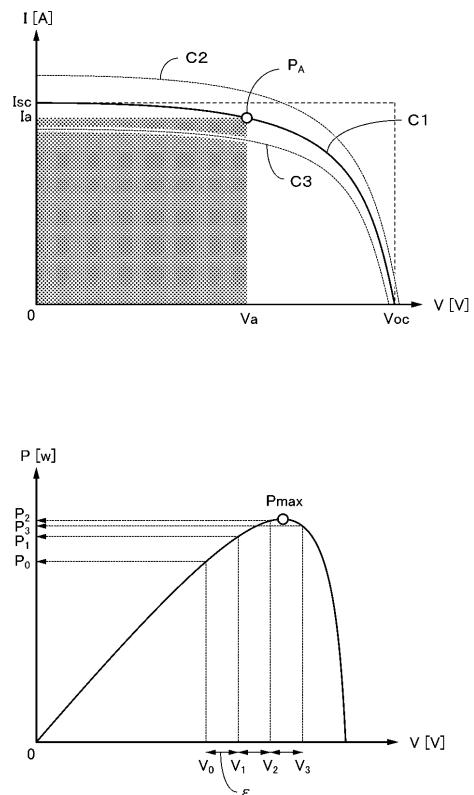
【図6】



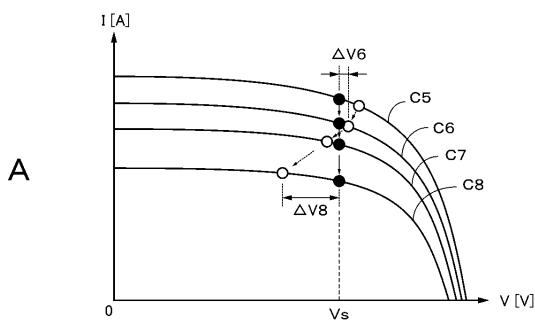
【図7】



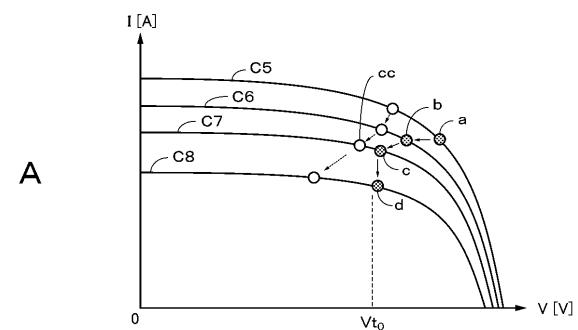
【 义 8 】



【図9】



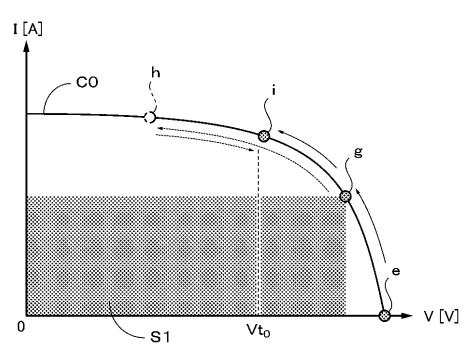
【図10】



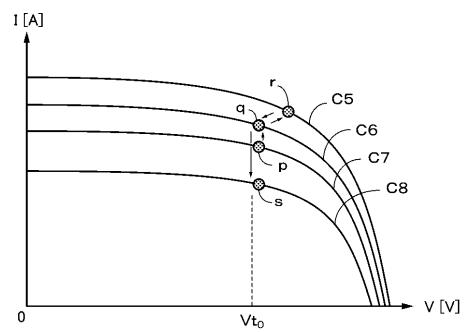
B

Block diagram showing a signal path from a generator G through a controller CU to three parallel branches. Each branch consists of a switch, a delay element (two rectangles), and a bus terminal BUa , BUb , or BUC . A dashed line indicates additional branches.

B



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 石橋 義人

東京都品川区東五反田3丁目14番13号 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所内

(72)発明者 田島 茂

東京都品川区東五反田3丁目14番13号 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所内

審査官 岩田 淳

(56)参考文献 特開2009-017686(JP,A)

特開2011-097817(JP,A)

特開2007-221958(JP,A)

特開2009-207239(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05F 1/12 - 1/44

1/45 - 7/00

H01M 10/42 - 10/48

H02J 7/00 - 7/12

7/34 - 7/36