

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5744307号
(P5744307)

(45) 発行日 平成27年7月8日(2015.7.8)

(24) 登録日 平成27年5月15日(2015.5.15)

(51) Int. Cl. F I
 H O 2 J 7/35 (2006.01) H O 2 J 7/35 K
 H O 2 J 3/32 (2006.01) H O 2 J 3/32

請求項の数 8 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2014-500033 (P2014-500033)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86) (22) 出願日	平成24年9月26日(2012.9.26)	(74) 代理人	100094916 弁理士 村上 啓吾
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/074675	(74) 代理人	100073759 弁理士 大岩 増雄
(87) 国際公開番号	W02013/121618	(74) 代理人	100127672 弁理士 吉澤 憲治
(87) 国際公開日	平成25年8月22日(2013.8.22)	(74) 代理人	100088199 弁理士 竹中 考生
審査請求日	平成26年3月6日(2014.3.6)	(72) 発明者	井上 禎之 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2012-28467 (P2012-28467)		
(32) 優先日	平成24年2月13日(2012.2.13)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

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】

分散電源からの直流電力を変換し系統、負荷に供給する電力変換装置において、
 上記分散電源から出力される第1の直流電圧を第2の直流電圧に変換する第1のDC/DC変換回路と、
 上記第1のDC/DC変換回路と正負の直流母線を介して接続され、直流電圧を所望の交流電圧に変換して出力するDC/AC変換回路と、
 少なくとも自立運転時に上記直流母線間の母線電圧を制御する第2のDC/DC変換回路と、
 上記母線電圧を計測する母線電圧計測部と、
 上記分散電源の最大電力を引き出す電力制御モードと上記直流母線間の母線電圧を制御する電圧制御モードとの2種類の制御モードを有し、上記第1のDC/DC変換回路を駆動制御する第1の制御部と、
 上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御する第2の制御部と、
 上記DC/AC変換回路を駆動制御する第3の制御部とを備え、
 上記第2の制御部は、自立運転時に上記母線電圧を第1の制御目標電圧になるように上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御して上記母線電圧を制御し、
 上記第1の制御部は、自立運転時に上記電力制御モードと上記電圧制御モードの2種類の制御モードを切り換える制御回路を有し、上記分散電源の電圧制御モード時は上記第1の

制御目標電圧より高い第2の制御目標電圧で制御するとともに、上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値が、上記第1の制御目標電圧よりも高く、上記第2の制御目標電圧よりも低い第1の閾値電圧より低くなった場合に、上記電力制御モードへ切換え、上記第2の制御目標電圧よりも高い第2の閾値電圧を超えた場合に、上記電圧制御モードへ切換えるよう制御する電力変換装置。

【請求項2】

上記第2のDC/DC変換回路は充放電可能な電力蓄積部に接続され、
 上記第2の制御部は、自立運転時に上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値が、
 上記第2の制御目標電圧よりも高く、上記第2の閾値電圧よりも低い第3の閾値電圧より
 高くなった場合に、充電モードに切り換え、上記第2の制御目標電圧よりも低く、上記第
 1の閾値電圧よりも高い第4の閾値電圧より低くなった場合に、放電モードに切り換える
 よう制御する請求項1に記載の電力変換装置。

10

【請求項3】

上記第1の制御部は、上記2種類の制御モードを切り換える際、少なくとも上記電力蓄積
 部が上記充電モードであった場合は上記電力制御モードを選択するよう制御する請求項2
 に記載の電力変換装置。

【請求項4】

上記分散電源を上記電圧制御モードで動作時、現在の分散電源の電圧と発電電力と、上記
 分散電源を起動させた際に発電を開始した開始電圧と、上記電力制御モードで動作させた
 際に最大電力を出力した時の動作電圧とを用いて、上記分散電源が発電可能な最大発電電
 力を推定し、この推定結果を元に、上記電力蓄積部の充放電制御の切り換えを行うよう制
 御する請求項2に記載の電力変換装置。

20

【請求項5】

上記第2のDC/DC変換回路は、上記電力蓄積部の充放電電力を計測する電力計測部を
 備え、

上記第1の制御部は、上記電力蓄積部が充電状態にある場合、あるいは上記電力蓄積部が
 放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が第1の所定値以上の場合
 には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電力制御モードに切換え、上記電力蓄
 積部が放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が上記第1の所定値
 未満の場合には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電圧制御モードに切換える
 ように制御する請求項2に記載の電力変換装置。

30

【請求項6】

上記第1の制御部で上記電力制御モードから上記電圧制御モードに切り換えた際、上記切
 り換えを所定の期間阻止するよう制御する請求項5に記載の電力変換装置。

【請求項7】

上記電力蓄積部を充電から放電、あるいは放電から充電に切り換える際は、上記第1の制
 御部は強制的に上記電圧制御モードに上記充電モードまたは上記放電モードへの移行が完
 了するまで切り換えるよう制御する請求項5に記載の電力変換装置。

【請求項8】

分散電源からの直流電力を変換し系統、負荷に供給する電力変換装置において、
 上記分散電源から出力される第1の直流電圧を第2の直流電圧に変換する第1のDC/D
 C変換回路と、

40

上記第1のDC/DC変換回路と正負の直流母線を介して接続され、直流電圧を所望の交
 流電圧に変換して出力するDC/AC変換回路と、

少なくとも自立運転時に上記直流母線間の母線電圧を制御する第2のDC/DC変換回路
 と、

上記母線電圧を計測する母線電圧計測部と、

上記分散電源の最大電力を引き出す電力制御モードと上記直流母線間の母線電圧を制御す
 る電圧制御モードとの2種類の制御モードを有し、上記第1のDC/DC変換回路を駆動
 制御する第1の制御部と、

50

上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御する第2の制御部と、
 上記DC/AC変換回路を駆動制御する第3の制御部とを備え、
 上記第2の制御部は、自立運転時に上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御して上記母線電圧を制御し、
 上記第1の制御部は、自立運転時における上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記2種類の制御モードを切り換え、
 上記第2のDC/DC変換回路は充放電可能な電力蓄積部に接続され、かつ上記電力蓄積部の充放電電力を計測する電力計測部を備え、
 上記第1の制御部は、上記電力蓄積部が充電状態にある場合、あるいは上記電力蓄積部が放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が第1の所定値以上の場合には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電力制御モードに切換え、上記電力蓄積部が放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が上記第1の所定値未満の場合には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電圧制御モードに切換えるように制御し、
 上記第1の制御部で制御方法を切り換える上記第1の所定値は、上記電力制御モードで制御している場合より、上記電圧制御モードで制御している場合の方が大きい値とする電力変換装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

この発明は、太陽光発電等の自然エネルギーからの直流電力を交流電力に変換して系統に供給する電力変換装置であって、特に、系統の停電時に効率よく自然エネルギーから電力を得ることのできる電力変換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、環境負荷の低減に向け、二酸化炭素を排出しない太陽光発電などの自然エネルギーを利用した発電システムが各家庭に普及しつつある。このような発電システムは、停電時には、予め装備されている自立運転用のコンセントから最大1500Wの電力を出力することができる。

また、東日本大震災以降の電力不足等に対応するため、蓄電池を具備したシステム、電気自動車を蓄電池として利用するシステム、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたシステムなどの開発も進められている。

30

【0003】

例えば、従来の給電システムは、太陽電池と接続される第一の受電部1と、蓄電池と接続される第二の受電部2と、第一の受電部1の出力電圧を変圧する第一のDC/DCコンバータ11と、第二の受電部2の出力電圧を変圧する第二のDC/DCコンバータ12を備え、第一、第二DC/DCコンバータ間の出力電圧に差を設定することで、太陽電池または蓄電池の優先順位を設定している。そして、停電時は、第二のDC/DCコンバータ12の出力電圧を、第一のDC/DCコンバータ11の出力電圧より低く設定して、太陽電池から優先的に電力を負荷に供給している（例えば、特許文献1参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4641507号公報（段落番号[0021]等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来の給電システムは、停電時において、太陽電池から優先的に電力を負荷に供給しているが、太陽電池の制御は電圧制御により行われている。

一般に、電圧制御では太陽電池の電力-電圧特性に基づいて電圧制御範囲が予め設定さ

50

れ、電圧制御範囲としては、山形である電力 - 電圧特性のピーク電力より右側の範囲が使用される。そして、その下限電圧は最大出力点となる電圧から一定のマージンを持たせた電圧に設定される。

従って、停電時に、常に電圧制御する従来の給電システムでは、太陽電池の発電電力を有効活用できていないという問題があった。

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、系統の停電時に、太陽電池から効率よく電力を得、太陽電池の発電電力を有効活用することのできる電力変換装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この第1の発明に係る電力変換装置は、分散電源からの直流電力を変換し系統、負荷に供給する電力変換装置において、上記分散電源から出力される第1の直流電圧を第2の直流電圧に変換する第1のDC/DC変換回路と、上記第1のDC/DC変換回路と正負の直流母線を介して接続され、直流電圧を所望の交流電圧に変換して出力するDC/AC変換回路と、少なくとも自立運転時に上記直流母線間の母線電圧を制御する第2のDC/DC変換回路と、上記母線電圧を計測する母線電圧計測部と、上記分散電源の最大電力を引き出す電力制御モードと上記直流母線間の母線電圧を制御する電圧制御モードとの2種類の制御モードを有し、上記第1のDC/DC変換回路を駆動制御する第1の制御部と、上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御する第2の制御部と、上記DC/AC変換回路を駆動制御する第3の制御部とを備えている。そして、上記第2の制御部は、自立運転時に上記母線電圧を第1の制御目標電圧になるように上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御して上記母線電圧を制御し、上記第1の制御部は、自立運転時に上記電力制御モードと上記電圧制御モードの2種類の制御モードを切り換える制御回路を有し、上記分散電源の電圧制御モード時は上記第1の制御目標電圧より高い第2の制御目標電圧で制御するとともに、上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値が、上記第1の制御目標電圧よりも高く、上記第2の制御目標電圧よりも低い第1の閾値電圧より低くなった場合に、上記電力制御モードへ切換え、上記第2の制御目標電圧よりも高い第2の閾値電圧を超えた場合に、上記電圧制御モードへ切換えるよう制御する。

この第2の発明に係る電力変換装置は、分散電源からの直流電力を変換し系統、負荷に供給する電力変換装置において、上記分散電源から出力される第1の直流電圧を第2の直流電圧に変換する第1のDC/DC変換回路と、上記第1のDC/DC変換回路と正負の直流母線を介して接続され、直流電圧を所望の交流電圧に変換して出力するDC/AC変換回路と、少なくとも自立運転時に上記直流母線間の母線電圧を制御する第2のDC/DC変換回路と、上記母線電圧を計測する母線電圧計測部と、上記分散電源の最大電力を引き出す電力制御モードと上記直流母線間の母線電圧を制御する電圧制御モードとの2種類の制御モードを有し、上記第1のDC/DC変換回路を駆動制御する第1の制御部と、上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御する第2の制御部と、上記DC/AC変換回路を駆動制御する第3の制御部とを備えている。そして、上記第2の制御部は、自立運転時に上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記第2のDC/DC変換回路を駆動制御して上記母線電圧を制御し、上記第1の制御部は、自立運転時における上記母線電圧計測部による上記母線電圧の計測値に基づき上記2種類の制御モードを切り換え、上記第2のDC/DC変換回路は充放電可能な電力蓄積部に接続され、かつ上記電力蓄積部の充放電電力を計測する電力計測部を備え、上記第1の制御部は、上記電力蓄積部が充電状態にある場合、あるいは上記電力蓄積部が放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が第1の所定値以上の場合には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電力制御モードに切換え、上記電力蓄積部が放電状態にあり、かつ上記電力計測部より出力される放電電力が上記第1の所定値未満の場合には、上記第1のDC/DC変換回路の制御を上記電圧制御モードに切換えるように制御し、上記第1の制御部で制御方法を切り換える上記第1の所定値は、上記電力制御モードで制御している場合より、上記

10

20

30

40

50

電圧制御モードで制御している場合の方が大きい値とする。

【発明の効果】

【0007】

この第1の発明に係る電力変換装置は、上記のように構成されているため、系統の停電時に、太陽電池から効率よく電力を得、太陽電池の発電電力を有効活用することができる。

この第2の発明に係る電力変換装置は、上記のように構成されているため、系統の停電時に、太陽電池から効率よく電力を得、太陽電池の発電電力を有効活用することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0008】

【図1】この発明の実施の形態1における電力変換装置を用いた太陽光発電システムの概略構成図である。

【図2】この発明の実施の形態1における第1の制御部の構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】この発明の実施の形態1における第2の制御部の構成を概略的に示すブロック図である。

【図4】この発明の実施の形態1における太陽光パネルの電力-電圧特性の例を示す図である。

【図5】この発明の実施の形態1における第1の制御部の停電時における制御フローである。

20

【図6】この発明の実施の形態1における第2の制御部の停電時における制御フローである。

【図7】この発明の実施の形態1における電力変換装置の停電時における動作を概略的に説明するための動作説明図である。

【図8】この発明の実施の形態2における第1の制御部の停電時における制御フローである。

【図9】この発明の実施の形態2における第2の制御部の停電時における制御フローである。

【図10】この発明の実施の形態2における太陽光発電余剰電力推定の制御を説明する制御フローである。

30

【図11】この発明の実施の形態2における太陽光発電余剰電力推定の制御フローを説明するための説明図である。

【図12】この発明の実施の形態3における第1の制御部の停電時における制御フローである。

【図13】この発明の実施の形態3における第1の制御部の停電時における制御フローである。

【図14】この発明の実施の形態3における第2の制御部の停電時における制御フローである。

【図15】この発明の実施の形態3における電力変換装置の停電時における動作を概略的に説明するための動作説明図である。

40

【図16】この発明の実施の形態3における電力変換装置の停電時における動作を概略的に説明するための動作説明図である。

【図17】この発明の実施の形態3における電力変換装置の停電時における動作を概略的に説明するための動作説明図である。

【図18】この発明の実施の形態3における電力変換装置の停電時における動作を概略的に説明するための動作説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

実施の形態1 .

50

図 1 はこの発明の実施の形態 1 における電力変換装置を用いた太陽光発電システムの概略構成図である。

図に示すように、本実施の形態 1 の電力変換装置 10 は、分散電源として太陽電池である太陽光パネル 1 および電力蓄積部としての蓄電池 2 と、系統としての電力系統 3 および宅内に配置される冷蔵庫、照明、TV 等の負荷 4 との間に配置されている。蓄電池 2 としては例えば据置バッテリーを用いる。

【0010】

電力変換装置 10 は、太陽光パネル 1 と接続される第 1 の DC / DC 変換回路 13、第 1 の DC / DC 変換回路 13 と正負の直流母線 25 を介して接続される DC / AC 変換回路 21、蓄電池 2 と直流母線 25 との間に配置される第 2 の DC / DC 変換回路 17 とを備えている。第 1 の DC / DC 変換回路 13、第 2 の DC / DC 変換回路 17、DC / AC 変換回路 21 は、それぞれ第 1 の制御部 14、第 2 の制御部 18、第 3 の制御部 22 に接続されて駆動制御される。

第 1 の DC / DC 変換回路 13 は、第 1 の制御部 14 により駆動制御され太陽光パネル 1 からの直流電力を制御する。第 2 の DC / DC 変換回路 17 は、第 2 の制御部 18 により駆動制御され蓄電池 2 の充放電を制御している。また、後述するが、第 2 の DC / DC 変換回路 17 は電力系統 3 の停電時に直流母線 25 の母線電圧を制御している。DC / AC 変換回路 21 は、第 3 の制御部 22 により駆動制御され、直流電圧を所望の交流電圧に変換して電力系統 3 および負荷 4 に供給している。また、DC / AC 変換回路 21 は、電力系統 3 から供給される交流電力を直流電力に変換し、蓄電池 2 を充電することもできる。

【0011】

太陽光パネル 1 と第 1 の DC / DC 変換回路 13 との間には、太陽光パネル 1 のパネル電圧を計測する電圧計 11 および太陽光パネル 1 から出力される電流を計測する電流計 12 が配置されている。また、蓄電池 2 と第 2 の DC / DC 変換回路 17 との間には、蓄電池 2 の電池電圧を計測する電圧計 15 および蓄電池 2 の充放電電流を計測する電流計 16 が配置されている。また、第 1 の DC / DC 変換回路 13 と DC / AC 変換回路 21 との間には、正負の直流母線 25 間の母線電圧を計測する母線電圧計測部としての電圧計 19 および直流母線 25 を流れる電流を計測する電流計 20 が配置されている。また、DC / AC 変換回路 21 と電力系統 3 との間には、電力系統 3 の系統電圧を計測する電圧計 23、および DC / AC 変換回路 21 と電力系統 3 間を流れる交流電流を計測する電流計 24 が配置されている。

【0012】

第 1 の制御部 14 は、第 1 の DC / DC 変換回路を駆動制御して太陽光パネル 1 からの出力を制御している。以下、第 1 の制御部 14 の構成について説明する。

図 2 は第 1 の制御部 14 のブロック図である。

第 1 の制御部 14 は、太陽光パネル 1 の最大電力を引き出す最大電力点追従制御（以下、MPPT 制御とする）を行う MPPT 制御回路 141、太陽光パネル 1 の出力電圧を制御して太陽光パネル 1 からの出力電力を制御する電圧制御回路 142、MPPT 制御回路 141 と電圧制御回路 142 との出力を切り換える切換回路 143、MPPT 制御回路 141 と電圧制御回路 142 と切換回路 143 を制御する第 1 の制御回路 144 とを備えている。第 1 の制御回路 144 は、MPPT 制御回路 141 や電圧制御回路 142 に制御パラメータや制御目標値等を出力するとともに、太陽光パネル 1 の発電状態等を管理している。また、第 1 の制御回路 144 は、切換回路 143 への制御信号を出力する。

【0013】

次に第 2 の制御部 18 の構成について説明する。第 2 の制御部 18 は第 2 の DC / DC 変換回路を駆動制御して蓄電池 2 の充放電を制御している。

図 3 は第 2 の制御部 18 の構成を概略的に示すブロック図である。

第 2 の制御部 18 は、蓄電池 2 の充電制御を行う際の指令値を算出する充電制御回路 181、蓄電池 2 の放電制御を行う際の指令値を算出する放電制御回路 182、充電制御回

10

20

30

40

50

路 181 と放電制御回路 182 との出力を切り換える切換回路 183、充電制御回路 181 と放電制御回路 182 と切換回路 183 とを制御する第 2 の制御回路 184 とを備えている。第 2 の制御回路 184 は、充電制御回路 181 や放電制御回路 182 に対しては制御パラメータや制御目標値等を出力するとともに、蓄電池 2 の充電量、充電電流、放電電力等、蓄電池 2 のステータス情報を管理している。また、第 2 の制御回路 184 は、切換回路 183 への制御信号を出力する。

【0014】

ここで、上述した第 1 の制御部 14 の 2 種類の制御モードである電力制御モードとしての M P P T 制御モードと電圧制御モードについて、図 4 を用いて簡単に説明する。

図 4 は太陽光パネル 1 の電力 - 電圧特性の例を示す図である。横軸は太陽光パネル 1 のパネル電圧、縦軸は太陽光パネル 1 の発電電力であり、日射量や太陽光パネル 1 の温度が異なる 3 つのケースの電力 - 電圧特性を示している。

【0015】

まず、一般的な M P P T 制御について説明する。

図 4 に示すように、太陽光パネル 1 は、日射量の変化や温度変化等の周囲状況によってその電力 - 電圧特性が変化し、このため最大電力点がずれてしまう。このため M P P T 制御では、太陽光パネル 1 の出力電圧（動作電圧）を変化させ、それによる電力の増減に基づいて、最大電力が得られる点、すなわち、最適動作電圧を探すとこの動作を絶えず行って太陽光パネル 1 から最大電力を取り出そうとしている。最大電力点の一般的な探索動作は山登り法と称される。まず、動作電圧を、例えば V 増加させ、電力差 P を演算し、 $P > 0$ であれば、最大電力点よりも左側（低電圧側）に現在の電圧があるとして前回と同じ方向に電圧を変化させる。 $P < 0$ であれば、最大電力点よりも右側（高電圧側）に現在の電圧があるとして前回と逆方向に電圧を変化させるものであり、これによって、最大電力点を探索するものである。以上のように、M P P T 制御では、太陽光パネル 1 の出力電力が最大となる（太陽光パネル 1 の出力電力が図 1 に示す最大電力点となる）ように制御される。

【0016】

次に、一般的な電圧制御である電圧制御モードについて説明する。

電圧制御モードでは、太陽光パネル 1 の電力 - 電圧特性に基づいて電圧制御範囲が予め設定され、その電圧制御範囲内で太陽光パネル 1 の電力を引き出すものである。

電圧制御モードにおける電圧制御範囲は、図 4 に示すように、電力 - 電圧特性の最大電力点となる電圧より右側の範囲に設定される。仮に、太陽光パネル 1 の出力電圧が最大電力点となる電圧（以下、ピーク電圧とする。）より小さくなると太陽光パネル 1 からの発電電力は単調減少を始め、以降の電圧制御が破綻してしまうため、太陽光パネル 1 の出力電圧がピーク電圧以下とならないよう電圧制御範囲は設定されている。また、図 4 に示すように、電力 - 電圧特性のピーク電圧は太陽光パネル 1 の周囲状況により随時変化している。従って、周囲状況が変わっても太陽光パネル 1 の出力電圧がピーク電圧以下とならないよう、電圧制御範囲の下限値は、電力 - 電圧特性のピーク電圧からある程度のマージンを持たせて設定している。電圧制御モードは、上記のような電圧制御範囲の中で太陽光パネル 1 の出力電圧を制御して電力を引き出している。

電圧制御モードでは、電圧制御範囲の下限値を電力 - 電圧特性のピーク電圧からある程度のマージンを持たせて設定しているのに対し、M P P T 制御モードでは常に発電電力が最大となるようなピーク電圧を探索している。このため、太陽光パネル 1 を M P P T 制御モードで制御することで、より効率よく太陽光パネル 1 から発電電力を得ることができる。

以下、「M P P T 制御モードでの制御」を「M P P T 制御」と、また「電圧制御モードでの制御」を「電圧制御」と適宜記載する。

【0017】

次に、電力変換装置 10 の詳細な動作を説明する。

初めに、電力系統 3 が正常に供給されている通常運転時について説明する。

まず、図 1、図 2 を参照し、通常運転時における、電力変換装置 10 の太陽光パネル 1 に関する動作を説明する。

電力変換装置 10 の通常運転時、第 1 の制御部 14 が、太陽光パネル 1 にて電力が発電されているかを確認する。具体的には太陽光パネル 1 のパネル電圧を計測する電圧計 11 の計測値が所定値を超えているかを確認する。なお、この所定値は太陽光パネル 1 の発電が可能となる値として予め設定されている。そして、パネル電圧の計測値が所定値を超えていた場合、第 1 の制御部 14 は第 3 の制御部 22 に対して太陽光パネル 1 での発電が可能であることを通知する。通知を受信した第 3 の制御部 22 は、電力系統 3 が停電ではないことを確認する。電力系統 3 が停電でない場合、第 3 の制御部 22 は DC / AC 変換回路 21 を起動するとともに、第 1 の制御部 14 に対して太陽光パネル 1 の発電を開始するよう指示を出す。DC / AC 変換回路 21 の起動により、正負の直流母線 25 間の母線電圧が予め設定された制御目標電圧となるように制御される。また、電力系統 3 に回生する電力は、DC / AC 変換回路 21 を電流制御することでシステム全体を動作させるものとする。なお、電力系統 3 が停電ではないことを確認する動作については後で詳述する。

【 0018 】

第 3 の制御部 22 からの太陽光パネル 1 の発電開始指示は、第 1 の制御部 14 内の第 1 の制御回路 144 にて受信される。発電開始指示を受信した第 1 の制御回路 144 は、MPP T 制御回路 141 に対して太陽光パネル 1 の MPP T 制御を開始するよう指示を出す。その際、切換回路 143 に対しても MPP T 制御回路 141 の出力を選択するよう指示を出す。MPP T 制御開始指示を受信した MPP T 制御回路 141 は、第 1 の DC / DC 変換回路 13 に対して制御指令を出力する。MPP T 制御回路 141 からの制御指令は切換回路 143 を介して第 1 の DC / DC 変換回路 13 に入力される。第 1 の DC / DC 変換回路 13 は、指令値を元に内蔵されている昇圧回路を制御し、太陽光パネル 1 から出力される第 1 の直流電圧 V1 を第 2 の直流電圧 V2 に変換して出力する。

【 0019 】

第 1 の DC / DC 変換回路 13 から太陽光パネル 1 による発電電力の供給が開始されると、第 3 の制御部 22 により DC / AC 変換回路 21 を駆動制御して太陽光パネル 1 からの電力を電力系統 3、負荷 4 に出力する。なお、太陽光パネル 1 からの電力の電力系統 3 への出力（回生）は、第 3 の制御部 22 により判断される。具体的には、第 3 の制御部 22 は、正負の直流母線 25 間の母線電圧を計測する電圧計 19 を介して母線電圧を監視し、母線電圧の計測値が制御目標電圧を超えた場合に、電力系統 3 より供給される交流電圧波形に同期して電力系統 3 に電力を回生するよう DC / AC 変換回路 21 を制御する。

【 0020 】

次に、図 1、図 3 を参照し、通常運転時における、電力変換装置 10 の蓄電池 2 に関する動作を説明する。

第 3 の制御部 22 は蓄電池 2 の充放電についての指示を行う。例えば、図示しない宅内の電力管理システム（HOME ENERGY MANAGEMENT SYSTEM）（以下、HEMS とする。）から、蓄電池 2 のステータス情報送信要求を受けると、第 3 の制御部 22 は、蓄電池 2 のステータス情報である充放電の可否や蓄電量等のステータス情報を管理している第 2 の制御部 18 内の第 2 の制御回路 184 より入手する。第 3 の制御部 22 は、蓄電池 2 のステータス情報を入手すると、放電あるいは充電の可否判断結果、および最大放電電力あるいは最大充電電力を、HEMS に通知する。HEMS は受信したステータス情報に基づき、第 3 の制御部 22 に対し、蓄電池 2 の放電指示（放電電力指示値を含む）、あるいは蓄電池 2 の充電指示（充電電力指示値を含む）を通知する。

【 0021 】

まず、HEMS より放電指示が通知された場合について説明する。

放電指示の通知を受信した第 3 の制御部 22 は、第 2 の制御部 18 に対して蓄電池 2 の放電を開始するよう指示を出すとともに、放電電力指示値を通知する。

第 3 の制御部 22 からの放電開始指示は、第 2 の制御部 18 内の第 2 の制御回路 184 にて受信される。蓄電池 2 の放電開始指示および放電電力指示値を受信した第 2 の制御回

10

20

30

40

50

路 184 は、放電制御回路 182 に対して蓄電池 2 の放電開始指示および放電電力指示値を出力する。その際、切換回路 183 に対しても放電制御回路 182 の出力を選択するよう指示する。放電開始指示を受信した放電制御回路 182 は、蓄電池 2 の電池電圧を計測する電圧計 15 にて得られる電圧情報、および蓄電池 2 の充放電電流を計測する電流計 16 にて得られる電流情報に基づき、蓄電池 2 からの実際の放電電力を算出する。算出結果が受信した放電電力指示値となるように、第 2 の DC / DC 変換回路 17 に対する制御指令を出力する。放電制御回路 182 からの制御指令は切換回路 183 を介して第 2 の DC / DC 変換回路 17 に入力される。第 2 の DC / DC 変換回路 17 は、制御指令に基づいて動作し、蓄電池 2 から出力される第 3 の直流電圧 V3 を第 4 の直流電圧 V4 に変換して出力する。第 4 の直流電圧 V4 に変換された蓄電池 2 からの出力は、DC / AC 変換回路 21 を介して電力系統 3、負荷 4 に供給される。ここで、上述の太陽光パネル 1 の電力を電力系統 3 へ出力（回生）する場合と同様、蓄電池 2 からの電力の電力系統 3 への出力（回生）は、第 3 の制御部 22 により判断される。第 3 の制御部 22 は、電圧計 19 による母線電圧の計測値が制御目標電圧を超えた場合に、電力系統 3 に電力を回生するよう DC / AC 変換回路 21 を制御する。

10

【 0022 】

なお、放電制御回路 182 は、第 2 の DC / DC 変換回路 17 のステータス情報として第 2 の DC / DC 変換回路 17 から実際に出力される放電電力を収集し、収集結果を第 2 の制御回路 184 に通知する。第 2 の DC / DC 変換回路 17 のステータス情報に基づき、第 2 の制御回路 184 は第 2 の DC / DC 変換回路 17 内での変換ロスを求め、ロス分を上乗せして蓄電池 2 の放電制御を行うことができる。

20

また、放電制御回路 182 から第 2 の制御回路 184 に通知された第 2 の DC / DC 変換回路 17 のステータス情報、および第 2 の制御回路 184 で管理されている蓄電池 2 の充電量、充電電流、放電電力等のステータス情報は、第 2 の制御回路 184 から第 3 の制御部 22 に定期的に通知されている。

【 0023 】

一方、HEMS より充電指示が通知された場合について説明する。

充電指示の通知を受信した第 3 の制御部 22 は、第 2 の制御部 18 に対して蓄電池 2 の充電を開始するよう指示を出すとともに、充電電力（充電電流）指示値を通知する。

第 3 の制御部 22 からの充電開始指示は、第 2 の制御部 18 内の第 2 の制御回路 184 にて受信される。蓄電池 2 の充電開始指示および充電電力指示値を受信した第 2 の制御回路 184 は、充電制御回路 181 に対して蓄電池 2 の充電開始指示および充電電力指示値を出力する。その際、切換回路 183 に対しても充電制御回路 181 の出力を選択するよう指示する。充電開始指示を受信した充電制御回路 181 は、電流計 16 にて得られる電流情報を元に、蓄電池 2 への充電電流が充電電力指示値となるように、第 2 の DC / DC 変換回路 17 に対する制御指令を出力する。充電制御回路 181 からの制御指令は切換回路 183 を介して第 2 の DC / DC 変換回路 17 に入力される。第 2 の DC / DC 変換回路 17 は、制御指令に基づいて動作して蓄電池 2 を充電する。

30

【 0024 】

なお、蓄電池 2 への充電の際、太陽光パネル 1 の発電電力を蓄電池 2 への充電のために優先的に使用する。太陽光パネル 1 の発電電力で蓄電池 2 への充電電力を全てまかなった上で、余剰電力が発生する場合には、その余剰電力を電力系統 3、負荷 4 に出力するものとする。太陽光パネル 1 の発電電力で蓄電池 2 への充電電力をまかなうことができない場合には、不足する電力を電力系統 3 より供給する。具体的には、第 3 の制御部 22 は、正負の直流母線 25 間の母線電圧を計測する電圧計 19 を介して母線電圧を監視し、母線電圧の計測値が制御目標電圧を下回っていた場合に、電力系統 3 から電力変換装置 10 内に力行電力を取り込むよう DC / AC 変換回路 21 を制御する。

40

通常動作時において、太陽光パネル 1 からの発電電力、蓄電池 2 からの放電電力を電力系統 3 へ出力（回生）する場合の判断、および電力系統 3 から電力変換装置 10 内に電力を取り込む（力行）場合の判断は、正負の直流母線 25 間の母線電圧の計測値に基づき行

50

われる。

【 0 0 2 5 】

通常運転時において、第3の制御部22は上述のような蓄電池2の充放電についての指示以外に、電力系統3が停電していないかを検出し、停電でないことを随時確認している。以下、電力系統3が停電していないかを検出することを単独運転検出とする。

第3の制御部22は、通常運転時において、電力系統3の系統電圧を計測する電圧計23による計測結果、DC/AC変換回路21と電力系統3間を流れる交流電流を計測する電流計24による計測結果、および電力系統3に回生するDC/AC変換回路21の出力電力位相から、単独運転検出を行う。単独運転検出方法の詳細は、系統連係規程（J E A C 9 7 0 1 - 2 0 1 0）に規定されているものと同様であり、本実施の形態1では詳細な説明を省略する。

10

【 0 0 2 6 】

上述の第3の制御部22による単独運転検出において単独運転が検出された場合、電力系統3において停電等の何らかの異常が発生したこととなり、電力変換装置10は自立運転を開始する。

以下、電力系統3の停電時における、電力変換装置10の動作を説明する。

第3の制御部22は、単独運転を検出すると、第1の制御部14および第2の制御部18に対し、第1のDC/DC変換回路13および第2のDC/DC変換回路17の動作を停止するよう指示を出す。指示を受信した第1の制御部14および第2の制御部18は、第1のDC/DC変換回路13および第2のDC/DC変換回路17の動作を停止し、停止した旨を第3の制御部22に通知する。第3の制御部22は、第1のDC/DC変換回路13および第2のDC/DC変換回路17の停止を確認すると、DC/AC変換回路21の動作を停止する。

20

そして、例えば自動的に、電力系統3と、電力変換装置10および宅内の負荷4との間に配置された図示しないスイッチ等が切られ、電力系統3と、電力変換装置10および宅内の負荷4との接続を切り離す。

【 0 0 2 7 】

次に、第3の制御部22は、第2の制御部18に対して蓄電池2からの放電を開始するよう指示を出す。

第3の制御部22からの第2の制御部18に対しての放電指示は、第2の制御部18内の第2の制御回路184にて受信され、第2の制御回路184は蓄電池2からの放電の可否および放電可能電力量を確認する。蓄電池2からの放電が可能であれば、第2の制御回路184は放電制御回路182に対して自立運転での放電開始指示を出力する。その際、切換回路183に対しても放電制御回路182からの出力を選択するよう指示する。放電開始指示を受信した放電制御回路182は、第2のDC/DC変換回路17に対する制御指令を出力し、放電制御回路182は電圧制御にて第2のDC/DC変換回路17の制御を開始する。これにより電圧制御にて蓄電池2の放電制御が開始される（S11、後で説明する図6を参照。）。

30

【 0 0 2 8 】

ここで、放電制御回路182の電圧制御について説明する。

40

上述の通り、通常運転時には、DC/AC変換回路21により正負の直流母線25間の母線電圧が制御されていた。しかし停電時には、電力系統3から電力が供給されないため、DC/AC変換回路21では母線電圧を制御することはできない。このため、蓄電池2の放電により電力を得て所望の電圧を出力することのできる第2のDC/DC変換回路17により、基本的に母線電圧を制御する。具体的には、放電制御回路182は電圧計19による母線電圧の計測値を得、この計測値が予め設定された第1の制御目標電圧となるように第2のDC/DC変換回路17の出力電圧を制御する。

なお、本実施の形態1では、第1の制御目標電圧は、通常運転時において説明した、第3の制御部22からの指令によりDC/AC変換回路21にて母線電圧を制御する場合の制御目標電圧と同じ値に設定している。ただし、第1の制御目標電圧を必ずしもDC/A

50

C変換回路21にて母線電圧を制御する場合の制御目標電圧と同じ値に設定する必要はなく、必要に応じて異なる値としてもよい。

【0029】

第2の制御部18の放電制御回路182が第2のDC/DC変換回路17を制御することにより母線電圧が第1の制御目標電圧になると、第2の制御部18はその旨を第3の制御部22に通知する。通知を受信した第3の制御部22は、DC/AC変換回路21を電圧制御にて起動する。具体的には、第3の制御部22内で基準となる基準正弦波（例えば60Hz）を発生させ、電圧計23から出力される電圧波形が基準正弦波と同様の正弦波となるようにDC/AC変換回路21を制御する。DC/AC変換回路21から電力供給が開始されると、宅内の負荷4が起動し、電力消費を開始する。その際、蓄電池2からの放電電力が少ないと母線電圧が第1の制御目標電圧より下がってくるため、第2の制御部18は蓄電池2からの放電電力を増加させるよう第2のDC/DC変換回路17に制御指令を出す。制御指令に基づき第2のDC/DC変換回路17は内部に配置されたスイッチング回路（図示せず）のオン/オフを制御し、蓄電池2からの放電電力を増加させる。

10

【0030】

DC/AC変換回路21から負荷4へ電力供給が開始されると、第3の制御部22は第1の制御部14へ太陽光パネル1からの発電を開始するよう指示を出す。以下、停電時の電力変換装置10における太陽光パネル1の制御について、図2、図5を参照して説明する。なお、図5は、第1の制御部14の停電時における制御フローである。

第3の制御部22からの太陽光パネル1の発電開始指示は、第1の制御部14内の第1の制御回路144にて受信される。発電開始指示を受信した第1の制御回路144は、パネル電圧を計測する電圧計11から得られる計測値によりパネル電圧が所定値以上かを確認する（S21）。パネル電圧が所定値未満の場合は、太陽光パネル1での発電ができていないと判断し、パネル電圧が所定値となるまで待機する。太陽光パネル1のパネル電圧が所定値以上であった場合は、第1の制御回路144は電圧制御回路142に対して太陽光パネル1の電圧制御モードを開始するよう指示を出し、電圧制御モードによる発電が開始される（S22）。その際、第1の制御回路144は切換回路143に対しても電圧制御回路142の出力を選択するよう指示を出す。なお、この所定値は太陽光パネル1の発電が可能となる値として予め設定されたものである。ここでは、通常運転時に太陽光パネル1の発電が可能かどうかを判断する際に使用した所定値と同じ値に設定しているが、この所定値の値は必要に応じて適宜設定すればよい。

20

30

【0031】

第1の制御回路144からの電圧制御モード開始指示を受信した電圧制御回路142は、太陽光パネル1を電圧制御モードで制御して、母線電圧が予め設定された第2の制御目標電圧となるように、第1のDC/DC変換回路13を制御する。具体的には、電圧制御回路142は電圧計19による母線電圧の計測値を得、この計測値が第2の制御目標電圧となるように第1のDC/DC変換回路13の出力電圧を制御する。

ここで、電圧制御モードにおける第2の制御目標電圧は、第2のDC/DC変換回路17による母線電圧の目標値である第1の制御目標電圧より大きい値に設定される。

【0032】

停電時に長時間安定して電力を供給するためには、自然エネルギーである太陽光パネル1による発電を優先的に利用し、蓄電池2に充電された電力は必要以上に消費しないようにする必要がある。上記のように、太陽光パネル1の電圧制御モードでの第1のDC/DC変換回路13による母線電圧の目標値である第2の制御目標電圧を、蓄電池2を電圧制御する第2のDC/DC変換回路17による母線電圧の目標値である第1の制御目標電圧より大きい値に設定する。このため、太陽光パネル1での発電電力が十分にある場合は、母線電圧を、太陽光パネル1からの出力電力により第2の制御目標電圧に維持することができ、この間は蓄電池2からの放電を抑えることができる。一方、負荷4の消費電力が太陽光パネル1の発電電力を超える場合は、太陽光パネル1の発電電力で第2の制御目標電圧に維持できなくなり、母線電圧が下がる。母線電圧が下がってくると、蓄電池2の電圧

40

50

制御モードでの第1の制御目標電圧を下回らないよう、今度は蓄電池2からの放電が開始され、母線電圧が第1の制御目標電圧で制御されることとなる。負荷4での消費電力が下がり、太陽光パネル1での発電電力で負荷4の消費電力を十分にまかなえるようになると、母線電圧は上昇し、再び第2の制御目標電圧で制御されるようになり、蓄電池2からの放電を抑えることができる。

なお、太陽光パネル1の電圧制御モード下では、母線電圧の制御は第1のDC/DC変換回路13、第2のDC/DC変換回路17の両方で行うこととなる。第2のDC/DC変換回路17は、母線電圧が第1の制御目標電圧より小さくならないよう、母線電圧を制御しているといえる。

【0033】

ステップS22で太陽光パネル1の電圧制御モードが開始されると、第1の制御回路144は、電圧計19の計測値から母線電圧が第1の閾値以上かを確認する(S23)。第1の閾値は、第2の制御目標電圧より小さい値に予め設定されており、第1の制御回路144は、母線電圧が第1の閾値未満の場合、太陽光パネル1からの発電電力が負荷4の消費電力よりも小さいとして、太陽光パネル1の制御をMPPT制御モードに切り換え、MPPT制御を開始する(S24)。その際、切換回路143に対してMPPT制御回路141より出力される制御指令値を選択するよう指示を出す。上述したように、発電効率は電圧制御よりMPPT制御の方が良いため、電圧制御モードからMPPT制御モードに切り換えることで、太陽光パネル1からの発電電力を増やすことができ、太陽光パネル1の発電電力を有効活用することができる。ステップS24にてMPPT制御により太陽光パネル1の制御を開始すると、ステップS23に戻りステップS23以下の処理を繰り返す。なお、この際、第2の制御部18の駆動制御により第2のDC/DC変換回路17にて母線電圧が制御されているため、太陽光パネル1のMPPT制御が可能となる。

【0034】

ステップS23で、母線電圧が第1の閾値以上の場合、ステップS25に進み、母線電圧が第2の閾値以下かを確認する。第2の閾値は、第2の制御目標電圧より大きい値に予め設定されており、第1の制御回路144は、母線電圧が第2の閾値を超えていた場合、太陽光パネル1からの発電電力が負荷4の消費電力よりも大きいとして、太陽光パネル1の制御を電圧制御モードに切り換え、電圧制御モードを開始する(S26)。これは、以下の理由による。母線電圧が第2の閾値を超えていた場合、太陽光パネル1での発電電力が負荷4の消費電力より大きいため余剰電力が発生する。停電時において余剰電力は電力系統3に回生できないため、余剰電力は母線電圧を管理するコンデンサ(図示せず)に充電され、母線電圧が上昇する。このまま発電効率のよいMPPT制御により太陽光パネル1から発電電力を供給すると、母線電圧がさらに上昇し、最終的には過電圧で電力変換装置10が停止する懸念がある。あるいは、実装された部品の許容電圧を超え、部品が破壊されることも考えられる。ステップS26にて太陽光パネル1の制御モードをMPPT制御モードから電圧制御モードに切り換えることにより、余剰電力の発生を抑えることができる。ステップS26にて太陽光パネル1の制御を電圧制御にて開始すると、ステップS23に戻りステップS23以下の処理を繰り返す。

【0035】

ステップS23で母線電圧が第1の閾値以上であり、ステップS25で母線電圧が第2の閾値以下である場合、すなわち、母線電圧が第1の閾値と第2の閾値の間の値である場合には、現在の制御で太陽光パネル1の発電電力と負荷4の消費電力がバランスしていると判断し、現在の制御を継続する(S27)。そして、ステップS23に戻りステップS23以下の処理を繰り返す。

【0036】

ステップS21～ステップS27で説明した通り、第1のDC/DC変換回路13を駆動制御して太陽光パネル1からの出力を制御する第1の制御部14は、第2のDC/DC変換回路17を駆動制御して停電時における母線電圧を制御する第2の制御部18の制御情報である母線電圧の計測値に基づいて、2種類の制御モードであるMPPT制御モード

10

20

30

40

50

と電圧制御モードとを切り換えている。

負荷4の消費電力が太陽光パネル1の発電電力より大きい場合、母線電圧が第2の制御目標電圧より下がるため、太陽光パネル1での発電電力が不足していることがわかる。反対に、負荷4の消費電力が太陽光パネル1の発電電力より小さい場合、余剰電力が発生するため、母線電圧が第2の制御目標電圧より上がり、太陽光パネル1で過剰に発電していることがわかる。そこで、上述のように、電圧計19で計測した実際の母線電圧の値を、第2の制御目標電圧より小さい値に設定された第1の閾値、第2の制御目標電圧より大きく設定された第2の閾値と比較し、その結果に基づきMPP T制御モードと電圧制御モードとを切り換えている。これにより、電力変換装置10を安定に制御することができるとともに、太陽光パネル1の発電電力を有効に利用し、蓄電池2からの放電量を最小限に抑えることができる効果がある。

10

【0037】

次に、停電時の電力変換装置10における蓄電池2の制御について、図3、図6を参照して説明する。なお、図6は、第2の制御部18の停電時における制御フローである。

停電となり、第3の制御部22から放電指示を受けた第2の制御部18の第2の制御回路184により、放電制御回路182に指令が出され、電圧制御による蓄電池2の放電制御が開始される(S11)。その際、第2の制御回路184は、切換回路183に対しても放電制御回路182の出力を選択するよう指示を出す。ステップS11にて蓄電池2の放電制御が開始されると、第2の制御回路184は、電圧計19の計測値から母線電圧が第3の閾値以上かを確認する(S12)。第3の閾値は、太陽光パネル1を電圧制御モードで制御する際の母線電圧の目標値である第2の制御目標電圧より大きく、かつ太陽光パネル1の制御モードをMPP T制御モードから電圧制御モードに切り換える基準となる第2の閾値より小さい値に設定されている。母線電圧が第3の閾値以上である場合、太陽光パネル1での発電電力が負荷4での消費電力より大きいことを意味し、余剰電力が発生していると考えられる。従って、母線電圧が第3の閾値以上の場合、余剰電力が発生しているとして、第2の制御回路184は、充電制御回路181に充電制御を開始するよう指示を出し、蓄電池2の制御を電圧制御による充電制御に切り換える(S13)。その際、第2の制御回路184は、切換回路183に対しても充電制御回路181の出力を選択するよう指示を出す。これにより、太陽光パネル1で発電した余剰電力は蓄電池2に充電され、余剰電力を有効に活用することができる。ステップS13にて蓄電池2の充電制御を開始すると、ステップS12に戻りステップS12以下の処理を繰り返す。

20

30

【0038】

ステップS12で母線電圧が第3の閾値未満の場合は、ステップS14に進み、母線電圧が第4の閾値以下かを確認する。第4の閾値は、蓄電池2の放電制御時における母線電圧の目標値である第1の制御目標電圧より大きく、第3の閾値より小さい値に予め設定されている。ここでは、第3の閾値と第4の閾値との差ができるだけ大きくなるように、第4の閾値が設定されている。さらに、太陽光パネル1の制御との関係において、第4の閾値は、太陽光パネル1の制御モードを電圧制御モードからMPP T制御モードに切り換える基準となる第1の閾値より大きく、太陽光パネル1の電圧制御モードでの母線電圧の目標値である第2の制御目標電圧より小さい値に設定されている。母線電圧が第4の閾値を超えていた場合、現在の制御で太陽光パネル1の発電電力と蓄電池2を含む負荷4の消費電力がバランスしていると判断する。また、蓄電池2が充電制御の場合は負荷として、蓄電池2が放電制御の場合、電力供給源として、全体の電力バランスが取れていると判断する。この場合、現在の制御を継続する(S15)。ステップS15を経て、ステップS12に戻りステップS12以下の処理を繰り返す。

40

【0039】

ステップS14で母線電圧が第4の閾値以下の場合は、太陽光パネル1の発電電力が、負荷4の消費電力より少ないと判断し、第2の制御回路184は充電制御回路181に対して充電停止指示を出すとともに、放電制御回路182に対して放電制御を開始するよう指示を出す(S16)。その際、切換回路183に対しても放電制御回路182からの制

50

御指令を選択するよう指示を出す。蓄電池 2 の放電制御開始により、太陽光パネル 1 の発電電力の不足分を蓄電池 2 により補うことができる。ステップ S 1 6 にて蓄電池 2 の制御を放電制御にて開始すると、ステップ S 1 2 に戻りステップ S 1 2 以下の処理を繰り返す。

【 0 0 4 0 】

なお、上述の通り、本実施の形態 1 では第 4 の閾値は第 1 の制御目標電圧よりも大きく、また、第 3 の閾値より小さく設定するとともに、第 3 と第 4 の閾値の差分値はできる限り大きくするよう設定している。この理由について以下説明する。

蓄電池 2 を制御する第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 の構成にもよるが、基本的に、蓄電池 2 の充放電の切り換えは、DC / AC 変換回路 2 1 のように連続的に切り換えることができない。また、例えば、蓄電池 2 として、リチウムイオンバッテリーを使用した場合、充放電を繰り返し切り換えると、蓄電池 2 が劣化し、電池寿命が短くなる。

本実施の形態 1 では第 3 の閾値と第 4 の閾値に基づいて充放電を切り換えることで充放電の切り換えにヒステリシスを持たせている。例えば太陽光パネル 1 の発電電力と負荷 4 の消費電力がほぼ一致していた場合に、負荷 4 の消費電力の小さな変動によって蓄電池 2 の充放電制御が切り換わることを防止し、蓄電池 2 の劣化を抑えることができる効果がある。そして、第 4 の閾値を第 1 の制御目標電圧よりも大きく設定することで、太陽光パネル 1 の発電電力にまだ余裕がある段階で蓄電池 2 の制御を放電制御に切り換える。このため、負荷 4 の消費電力が急変した場合でも、蓄電池 2 は放電制御で待機しており、負荷 4 の急変に追従することができ、負荷 4 に安定して電力を供給できる。

【 0 0 4 1 】

ここで、図 7 を参照して、停電時における電力変換装置 1 0 の動作を概略的に説明する。図 7 は、停電時における電力変換装置 1 0 の動作を概略的に説明するための動作説明図であり、図中、上段のグラフは負荷の消費電力の変化を示し、中段のグラフは太陽光パネル 1 からの発電電力の変化を示し、下段のグラフは蓄電池 2 からの放電電力の変化を示している。

図 7 に示すように、まず、負荷 4 の消費電力が少ない場合、太陽光パネル 1 は電圧制御で制御され、太陽光パネル 1 の発電電力のみで負荷 4 の消費電力をまかなう。その後、負荷 4 の消費電力が上がっていき、母線電圧が第 1 の閾値未満になると、太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御に切り換え、効率的に太陽光パネル 1 の電力を利用する。そして、更に負荷 4 の消費電力が上がっていくと、蓄電池 2 からの放電により、太陽光パネル 1 の発電電力では足りない電力を蓄電池 2 で補い負荷 4 に供給する。負荷 4 の消費電力が急変し、消費電力が急増した場合にも、蓄電池 2 から不足電力が供給される。また、日射量が急変して、太陽光パネル 1 の発電電力が、急に少なくなった場合も、蓄電池 2 から不足電力が供給される。

【 0 0 4 2 】

また、負荷 4 の消費電力が急変し、消費電力が下がった場合に、太陽光パネル 1 の制御が電圧制御に切り換わり、蓄電池 2 からの放電は停止されるので、余剰電力を発生させることなく、システム障害になる前に適切な制御に切り換えることができる。そして、負荷 4 の消費電力が元に戻ると、太陽光パネル 1 の制御が M P P T 制御に戻り、蓄電池 2 からの放電が開始され、安定に電力が供給できる。

【 0 0 4 3 】

以上のように、本実施の形態 1 の電力変換装置 1 0 は、電力系統 3 の停電時に、電圧計 1 9 で計測される母線電圧の計測値に基づいて、太陽光パネル 1 の制御モードを M P P T 制御モードまたは電圧制御モードに切り換えるため、負荷 4 の消費電力が大きい場合には M P P T 制御モードにより太陽光パネル 1 から効率よく電力を得、太陽光パネル 1 の発電電力を有効活用することができる。また、負荷 4 の消費電力が小さい場合には電圧制御モードにより余剰電力の発生を抑えることができるため、余剰電力によるシステム障害を防止し、電力変換装置 1 0 の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態 1 の電力変換装置 10 は、負荷 4 の消費電力が大きい場合に太陽光パネル 1 から効率よく電力を得ることで蓄電池 2 からの放電を抑えることができ、停電時に、負荷 4 に対して長時間安定して電力を供給することができる。

【0045】

また、本実施の形態 1 の電力変換装置 10 は、太陽光パネル 1 の制御モードの切り換えを、母線電圧の計測値に基づいて行い、太陽光パネル 1 の電圧制御モードでの母線電圧の目標値である第 2 の制御目標電圧より小さい値に設定された第 1 の閾値以下ならば M P P T 制御を選択し、第 2 の制御目標電圧より大きい値に設定された第 2 の閾値以下ならば電圧制御を選択する。このため、負荷 4 の消費電力の変化を、簡単な構成でありながら確実に確認でき、太陽光パネル 1 での発電を有効活用することができる。

10

【0046】

また、第 2 の制御部 18 は、第 1 の閾値より大きくかつ第 2 の制御目標電圧より小さい値に設定された第 4 の閾値以下ならば第 2 の D C / D C 変換回路 17 を介して蓄電池 2 の放電制御を開始する。このため、太陽光パネル 1 からの発電電力より負荷 4 の消費電力が大きく、かつ太陽光パネル 1 からの発電電力にまだ余裕がある段階で蓄電池 2 の放電制御を開始することができる。そして第 1 の閾値が、第 4 の閾値よりも小さいため、太陽光パネル 1 からの発電電力より負荷 4 の消費電力の方が確実に大きい場合に限り、太陽光パネル 1 を M P P T 制御に切り換えることができる。また太陽光パネル 1 からの発電電力にまだ余裕がある段階で蓄電池 2 の放電制御を開始するため、負荷 4 の消費電力が急変した場合でも、蓄電池 2 は放電制御で待機しており、負荷 4 の急変に追従することができ、負荷 4 に安定して電力を供給できる。

20

なお、第 4 の閾値が、この発明の所定の閾値である。

【0047】

また、太陽光パネル 1 の電圧制御モードにおける第 2 の制御目標電圧は、蓄電池 2 を電圧制御する第 2 の D C / D C 変換回路 17 による母線電圧の目標値である第 1 の制御目標電圧より大きい値に設定される。このため、太陽光パネル 1 の発電電力を優先して負荷 4 に電力供給ができるので、蓄電池 2 からの放電を抑制することができ、長時間負荷 4 に安定的に電力を供給できる。

【0048】

なお、本実施の形態 1 では、分散電源として太陽光パネル 1 を用いたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば風力発電や、水力発電などを用いてもよい。そして、太陽光パネル 1 の場合には、2 種類の制御モードとして M P P T 制御モードと電圧制御モードを用いたが、風力発電や水力発電などの場合にも最大電力を引き出す電力制御モードと出力電圧を制御する電圧制御モードとの 2 種類の制御モードを用いればよい。

30

【0049】

また、本実施の形態 1 では第 2 の D C / D C 変換回路 17 が蓄電池 2 に接続され、蓄電池 2 からの電力を得て母線電圧を制御しているが、第 2 の D C / D C 変換回路 17 は必ずしも蓄電池 2 に接続される必要はなく、母線電圧を制御するための電力を出力することのできる電源であれば、どのような電源に接続されていてもよい。当然、蓄電池 2 としては据置バッテリーに限るものではなく、例えば電気自動車や電動二輪車のバッテリーを用いてもよい。

40

仮に、蓄電池 2 としてリチウムイオンバッテリーを用いる場合には、バッテリー側に内蔵されたバッテリー管理ユニット (B A T T E R Y M A N A G E M E N T U N I T) が、蓄電量、充放電の可否、充電時の最大充電電流などを管理して、第 2 の制御部 18 に通知するが、本実施の形態 1 では、蓄電量、充放電の可否、充電時の最大充電電流などの管理は第 2 の制御部 18 で行うものとして説明を行った。

【0050】

また、本実施の形態 1 では、太陽光パネル 1 や蓄電池 2 から供給される直流電力を、D C / A C 変換回路 21 にて一旦交流に変換し、負荷 4 に供給する場合について説明したがこれに限るものではない。例えば、直流母線 25 から直接負荷 4 に直流電力を供給する、

50

あるいはDC/DC変換して直流電力を負荷4に供給する、いわゆる直流給電対応の負荷4に供給する構成としてもよい。

【0051】

また、第2のDC/DC変換回路による母線電圧の第1の制御目標電圧と、第1のDC/DC変換回路による母線電圧の第2の制御目標電圧の設定を、例えば、蓄電池2の電池電圧に応じた値に設定してもよい。そして、第1の制御目標電圧、および第2の制御目標電圧の値を変える場合は、第1の閾値～第4の閾値も、第1の制御目標電圧、および第2の制御目標電圧の値に応じて変えてもよい。

【0052】

また、本実施の形態1では、説明を簡単にするため、各種制御をハードウェアで実施するものとして説明を行ったが、これに限るものではなく、上述した全ての回路、あるいは一部の回路をソフトウェアで実現しても同様の効果を奏する。また、各回路の機能をソフトウェアとハードウェアに分割し同様の機能を実現してもよい。

【0053】

実施の形態2

次に、この発明の実施の形態2における電力変換装置について説明する。本実施の形態2の電力変換装置は、上記実施の形態1と、第1の制御部14および第2の制御部18の電力系統3の停電時における制御アルゴリズムが一部異なる。電力変換装置の回路構成は上記実施の形態1と同じであるため、同一符号を付して詳細な説明を省略する。以下、本実施の形態2の停電時における詳細な動作を説明する。

【0054】

電力系統3の停電時、例えば自動的に、電力系統3と電力変換装置10および宅内の負荷4との間に配置された図示しないスイッチ等が切れ、電力系統3と、電力変換装置10および宅内の負荷4との接続を切り離す。電力系統3と、電力変換装置10および宅内の負荷4との切り離しの確認が完了すると、第3の制御部22は、第2の制御部18に対して蓄電池2の放電制御を開始するよう指示を出す。

【0055】

第3の制御部22からの第2の制御部18に対しての放電指示は、第2の制御部18内の第2の制御回路184にて受信され、第2の制御回路184は蓄電池2からの放電の可否および放電可能電力量を確認する。蓄電池2からの放電が可能であれば、第2の制御回路184は放電制御回路182に対して自立運転での放電開始指示を出力する。その際、切換回路183に対しても放電制御回路182からの出力を選択するよう指示する。第2の制御回路184からの自立運転での放電開始指示を受信した放電制御回路182は、第2のDC/DC変換回路17に対する制御指令を出力し、放電制御回路182は電圧制御にて第2のDC/DC変換回路17の放電制御を開始する。(S41、後で説明する図9を参照)。なお、上記実施の形態1と同様、停電時には、電力系統3から電力が供給されないため、DC/AC変換回路21では母線電圧を制御することはできない。従って、基本的に、母線電圧は第2のDC/DC変換回路17で制御される。具体的には、放電制御回路182は、電圧計19による母線電圧の計測値を得、この計測値が予め設定された母線電圧の目標値である第1の制御目標電圧となるように制御する。

【0056】

第2の制御部18は、第2のDC/DC変換回路17を制御し、電圧計19による母線電圧の計測値が第1の制御目標電圧になると、第2の制御部18はその旨を第3の制御部22に通知する。第3の制御部22は、この通知を受け取ると、DC/AC変換回路21を電圧制御にて起動する。具体的には、第3の制御部22内で基準となる基準正弦波(例えば60Hz)を発生させ、電圧計23から出力される電圧波形が基準正弦波と同様の正弦波となるようにDC/AC変換回路21を制御する。DC/AC変換回路21より電力供給が開始されると、宅内の冷蔵庫、照明、TVなどの負荷4が起動し、電力消費を開始する。

【0057】

DC / AC 変換回路 2 1 から負荷 4 への電力供給が開始されると、第 3 の制御部 2 2 は第 1 の制御部 1 4 へ太陽光パネル 1 からの発電を開始するよう指示を出す。以下、停電時の電力変換装置 1 0 における太陽光パネル 1 の制御について、図 8 を参照して説明する。図 8 は、停電時における第 1 の制御部 1 4 の制御フローである。

第 3 の制御部 2 2 からの太陽光パネル 1 の発電開始指示は、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 にて受信される。発電開始指示を受信した第 1 の制御回路 1 4 4 は、太陽光パネル電圧を計測する電圧計 1 1 から得られる計測値により太陽光パネル電圧を確認する (S 2 1) 。太陽光パネル電圧が所定値未満の場合は、太陽光パネル 1 での発電ができていないと判断し、パネル電圧が所定値となるまで待機する。太陽光パネル 1 のパネル電圧が所定値以上であった場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は電圧制御回路 1 4 2 に対して太陽光パネル 1 の電圧制御を開始するよう指示を出し、太陽光パネル 1 の電圧制御による発電が開始される (S 2 2) 。その際、切換回路 1 4 3 に対しても電圧制御回路 1 4 2 の出力を選択するよう指示を出す。電力系統 3 の停電が生じてから、ステップ S 2 2 までの処理は上記実施の形態 1 と基本的に同様である。以下の動作の一部が上記実施の形態 1 と異なっている。

ここで、本実施の形態 2 では、通常運転時に、太陽光パネル 1 の M P P T 制御モードにおいて、太陽光パネル 1 の最大電力点のパネル電圧 V_{max} を計測し、記憶しておく。なお、計測するパネル電圧 V_{max} として、太陽光パネル 1 が所定値以上の発電を行っている時の電圧の平均、あるいは時刻毎に数日間の平均電圧などを記憶しておく。

【 0 0 5 8 】

そして、上記実施の形態 1 と同様、第 1 の制御回路 1 4 4 からの電圧制御モード開始指示を受信した電圧制御回路 1 4 2 は、太陽光パネル 1 を電圧制御モードで制御して、母線電圧が第 2 の制御目標電圧となるように、第 1 の DC / DC 変換回路 1 3 を制御する。その際、本実施の形態 2 では太陽光パネル 1 のパネル電圧を電圧制御モードにおける電圧制御範囲の中で下げていき、太陽光パネル 1 から電力が供給し始めるパネル電圧 V_{min} を計測する。なお、パネル電圧 V_{min} は、電圧制御モードにおいて少なくとも 2 つのポイントでのパネル電圧と発電電力から計算して求めてもよい。なお、上記実施の形態 1 と同様、太陽光パネル 1 の電圧制御モード下での母線電圧の目標値である第 2 の制御目標電圧を、蓄電池 2 の電圧制御時における母線電圧の目標値である第 1 の制御目標電圧より大きくなるよう設定する。これにより、実施の形態 1 と同様、太陽光パネル 1 による発電を優先的に利用し、蓄電池 2 からの放電を抑えることができる。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 2 2 で太陽光パネル 1 の電圧制御が開始されると、第 1 の制御回路 1 4 4 は、蓄電池 2 が充電制御されているかを確認する (S 8 1) 。なお、蓄電池 2 の充放電制御情報は、例えば第 2 の制御部 1 8 から第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 に出力される制御指令値である。また、例えば蓄電池 2 の電池電圧を計測する電圧計 1 5 や、蓄電池 2 の充放電電流を計測する電流計 1 6 より得られる計測値から算出した蓄電池 2 の充電電力や放電電力であってもよい。ステップ S 8 1 で蓄電池 2 が充電制御で動作している場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は M P P T 制御回路 1 4 1 に制御指示を出し、太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードに切り換える (S 8 3) 。その際、第 1 の制御回路 1 4 4 は、切換回路 1 4 3 に対して M P P T 制御回路 1 4 1 より出力される制御指令値を選択するよう指示を出す。蓄電池 2 が充電制御の場合は、負荷 4 で消費できない太陽光パネル 1 で発電した余剰電力を蓄電池 2 に充電できるので、太陽光パネル 1 の制御モードを M P P T 制御モードに切り換え、太陽光パネル 1 の発電電力を最大限活用できるとともに、負荷 4 で消費できない余剰電力は蓄電池 2 に充電することができる。従って、全体の電力供給バランスを取ることができ、負荷 4 に安定に電力を供給できる。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 8 1 で蓄電池 2 が放電制御されている場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は、蓄電池 2 からの放電電力が所定値以上か確認する。そして、所定値以上である場合は、ステップ S 8 3 に進み、第 1 の制御回路 1 4 4 は M P P T 制御回路 1 4 1 に制御指示を出し、

太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードに切り換える。その際、切換回路 1 4 3 に対して M P P T 制御回路 1 4 1 より出力される制御指令値を選択するよう指示を出す。ここで、蓄電池 2 から所定値以上の放電電力が供給されている場合は、電圧制御モードでの太陽光パネル 1 での発電電力が、図 4 に示す電圧制御範囲の下限電圧で制御されていることを示す。これは、太陽光パネル 1 には、まだ発電能力があるにもかかわらず、電圧制御範囲が限られているため発電電力が十分に引き出せていないことを意味する。よって、本発明の実施の形態 2 では、太陽光パネル 1 の制御モードを電圧制御モードから M P P T 制御モードに切り換えることにより、太陽光パネル 1 の発電電力を増加させ、有効活用する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 8 2 で蓄電池 2 からの放電電力が所定値未満の場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は、母線電圧が第 5 の閾値以上かを確認する (S 8 4)。第 5 の閾値は、上記実施の形態 1 における第 2 の閾値と同じ値であり、太陽光パネル 1 の電圧制御モードでの母線電圧の目標値である第 2 の制御目標電圧より大きい値に予め設定されている。確認の結果、母線電圧が第 5 の閾値未満の場合は、太陽光パネル 1 での発電電力、および蓄電池 2 を含む負荷 4 の消費電力がバランスしていると判断し、前回の制御を継続する (S 8 5)。また、蓄電池 2 が充電制御の場合は負荷として、蓄電池 2 が放電制御の場合も電力供給源として全体の電力バランスが取れていると判断し、前回の制御を継続する。

【 0 0 6 2 】

ステップ S 8 4 で母線電圧が第 5 の閾値以上の場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は電圧制御回路 1 4 2 に制御指示を出し、太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードに切り換える (S 8 6)。これは、実施の形態 1 の場合と同様、以下の理由による。母線電圧が第 5 の閾値を超えていた場合、太陽光パネル 1 での発電電力が負荷 4 の消費電力より大きいため余剰電力が発生する。停電時において余剰電力は電力系統 3 に回生できないため、余剰電力は母線電圧を管理するコンデンサ (図示せず) に充電され、母線電圧が上昇する。このまま発電効率のよい M P P T 制御により太陽光パネル 1 から発電電力を供給すると、母線電圧がさらに上昇し、最終的には過電圧で電力変換装置 1 0 が停止する懸念がある。あるいは、実装された部品の許容電圧を超え、部品が破壊されることも考えられる。よって、本実施の形態 2 でも、太陽光パネル 1 の制御モードを電圧制御モードとすることにより余剰電力の発生を抑えることができる。

【 0 0 6 3 】

一方、停電時の電力変換装置 1 0 における蓄電池 2 の制御について、図 9 ~ 図 1 1 を参照して説明する。図 9 は、停電時の第 2 の制御部 1 8 による制御フロー、図 1 0 は第 2 の制御部 1 8 による太陽光発電余剰電力推定の制御を説明する制御フローである。図 1 1 は、太陽光発電余剰電力推定の制御フローを説明するための説明図であり、太陽光パネル 1 の電力 - 電圧特性を示している。

図 1 1 において、A は通常運転時に最大電力点の電圧 (V_{max}) を計測する点、B は現在の電圧 (V_{now})、発電電力 (P_{now}) を計測する点、C は直線近似による最大発電電力推定値 (P_{max})、D は自立運転開始時に電力が供給し始める電圧 (V_{min}) を計測する点である。

停電となり、第 3 の制御部 2 2 から放電指示を受けた第 2 の制御部 1 8 の第 2 の制御回路 1 8 4 により、放電制御回路 1 8 2 に指令が出され、電圧制御による蓄電池 2 の放電制御が開始される (S 4 1)。その際、切換回路 1 8 3 に対しても放電制御回路 1 8 2 からの出力を選択するよう指示する。ステップ S 4 1 にて蓄電池 2 の放電制御が開始されると、第 2 の制御回路 1 8 4 は、太陽光パネル 1 にて発電可能な余剰電力を推定する (S 4 2)。

【 0 0 6 4 】

以下、余剰電力の推定方法を詳しく説明する。第 2 の制御回路 1 8 4 は、太陽光パネル 1 の余剰電力の推定を開始すると、蓄電池 2 が充電中かを確認する (S 6 1)。充電中であれば、余剰電力は全て蓄電池 2 に充電されるため、余剰電力と充電電力は等しくなる。従って、余剰電力の推定値を充電電力とする (S 6 2)。ステップ S 6 1 で蓄電池 2 が充

10

20

30

40

50

電中でない場合は、第2の制御回路184は太陽光パネル1がMPP T制御モードで制御されているかを確認する(S63)。ステップS63で太陽光パネル1がMPP T制御モードで制御されていた場合は余剰電力の推定値を0とし(S64)、太陽光発電余剰電力推定を終了する。

【0065】

ステップS63で太陽光パネル1が電圧制御モードで制御されていた場合は、現在の太陽光パネル1のパネル電圧 V_{now} 、および発電電力 P_{now} を取得する(S65)。そして、通常運転時の太陽光パネル1のMPP T制御下で取得した太陽光パネル1の最大電力点のパネル電圧 V_{max} 、自立運転開始時の太陽光パネル1の電圧制御モード下で取得した太陽光パネル1から電力が供給し始めるパネル電圧 V_{min} を用いて、太陽光パネル1の最大発電電力 P_{max} を推定する(S66)。なお、本実施の形態2では、 P_{max} を直線近似にて算出する。具体的には、以下の式で算出する。

$$P_{max} = (V_{min} - V_{max}) / (V_{min} - V_{now}) \times P_{now}$$

なお、本実施の形態2では、太陽光パネル1から電力が供給し始めるパネル電圧 V_{min} は自立運転開始時に取得したが、例えば通常運転開始時の太陽光パネル1の制御において取得することとしてもよい。

【0066】

ステップS66で P_{max} の推定を完了すると、 P_{max} (太陽光パネル1の最大発電電力推定値)から P_{now} (太陽光パネル1の現在の発電電力)を減算し、この値を余剰電力の推定値とし(S67)、太陽光パネル1にて発電可能な余剰電力の推定を終了する。

【0067】

ステップS42で太陽光パネル1での発電余剰電力の推定が完了すると、第2の制御回路184は、算出した余剰電力の推定値が所定値以上かを確認する(S43)。余剰電力の推定値が所定値未満の場合は、第2の制御回路184により、放電制御回路182に指令が出され、第2のDC/DC変換回路17を介して電圧制御による蓄電池2の放電制御が開始される(S44)。その際、切換回路183に対しても放電制御回路182からの出力を選択するよう指示する。

ステップS43で、余剰電力の推定値が所定値以上の場合は、第2の制御回路184は蓄電池2が充電可能かを確認する(S45)。蓄電池2が満充電で充電できない場合は、ステップS44に進み、蓄電池2は放電制御される(S44)。充電可能な場合は、第2の制御回路184により充電制御回路181に充電指令が出され、第2のDC/DC変換回路17を介して電圧制御による蓄電池2の充電制御が開始される(S46)。その際、切換回路183に対しても充電制御回路181の出力を選択するよう指示を出す。

【0068】

ステップS43で余剰電力の推定値と比較される所定値は、太陽光パネル1からの余剰電力が十分であると判断される値に設定されている。上記実施の形態1でも説明したように、例えば、蓄電池2として、リチウムイオンバッテリーを使用した場合、充放電を繰り返し切り換えると、蓄電池2が劣化し、電池寿命が短くなる。従って、余剰電力の推定値と比較される所定値を上記のように設定し、太陽光パネル1での発電電力に十分なマージンがあるときのみ蓄電池2が充電するよう制御することで、負荷4の消費電力の小さな変動によって蓄電池2の充放電制御が切り換わることを防止することができる。このため、蓄電池2に不必要なダメージを与えることなく、負荷4に電力を安定に供給できる効果がある。

【0069】

なお、本実施の形態2において、太陽光パネル1の現在のパネル電圧値のみで余剰電力の推定を行わないのは、以下の理由による。図11に示すように、太陽光パネル1の最大発電電力は、日射量や太陽光パネル1の温度などの要因により、大きく変化する。よって、現在のパネル電圧のみで、太陽光パネル1の余剰電力の推定を行った場合、日射量や気温等の要因で最大発電電力の推定値が大きく外れる場合がある。大きく外れた推定値で、

10

20

30

40

50

蓄電池 2 の充放電制御の切り換えを行うと、実際の余剰電力がほとんどない状況で、蓄電池 2 を充電制御に切り換えてしまう可能性もある。すると、負荷 4 の消費電力が若干変化しただけで充放電制御を切り換える必要が生じる。また、実際の余剰電力がほとんどない状況で、蓄電池 2 を充電制御に切り換えてしまうと、負荷 4 の消費電力が急に増加した場合、電力変換装置 10 から負荷 4 への電力供給量が不足し、装置が起動しない、あるいは、消費電力の急変に追従できず電力変換装置 10 が停止してしまうなどの問題が発生する。従って、本実施の形態 2 に記載したように太陽光パネル 1 の余剰電力の推定することで、精度よく余剰電力が推定し、蓄電池 2 の充放電制御の切り換えを適切に行うことができる。

【 0 0 7 0 】

10

実施の形態 3 .

次に、この発明の実施の形態 3 における電力変換装置について説明する。本実施の形態 3 の電力変換装置は、上記実施の形態 1 あるいは 2 と、第 1 の制御部 14 および第 2 の制御部 18 の電力系統 3 の停電時における制御アルゴリズムが一部異なる。電力変換装置の回路構成は上記実施の形態 1 と同じであるため、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

電力変換装置 10 の構成は図 1 を、第 1 の制御部 14 の構成は図 2 を、第 2 の制御部 18 の構成は図 3 を参照して説明する。

第 1 の制御部 14 の停止時の制御フローの図 12、13 において、実施の形態 1、2 の対応する制御フローの図 5、8 の処理と同等の処理は同一のステップ番号を付している。また、第 2 の制御部 18 の停止時の制御フローの図 14 において、実施の形態 1 の対応する制御フローの図 6 の処理と同等の処理は同一のステップ番号を付している。

20

図 12、13 は、この 2 枚の図面で一連のフローチャートを説明している。また、図 15、16 は、この 2 枚の図面で一連の動作を説明している。

なお、図 15 (a) は蓄電池 2 の動作モード (充電、放電) の切り換えタイミングを、図 15 (b) は太陽光パネル 1 の制御モード (M P P T 制御、電圧制御) の切り換えタイミングを、図 15 (c) は直流母線電圧の時間変化を示す。図 16 (a) は太陽光パネル 1 の発電電力と負荷 4 の消費電力の時間変化を、図 16 (b) は蓄電池 2 の充放電電力の時間変化を示す。

以下、本実施の形態 3 の停電時における詳細な動作を説明する。

30

【 0 0 7 1 】

実施の形態 3 では、具体的には、第 1 の制御部 14 で、制御モードを電圧制御モードから M P P T 制御モードに切り換える際に発生するハンチング動作 (電圧制御モードと M P P T 制御モードが交互に短い間隔で切り換わる動作) を軽減する制御方式について説明する。

実施の形態 2 と同様に、電力系統 3 の停電を検出すると、例えば自動的に電力系統 3 と電力変換装置 10 および宅内の負荷 4 との間に配置された図示しないスイッチ等が切れ、電力系統 3 と、電力変換装置 10 および宅内の負荷 4 との接続が切り離される。電力系統 3 と、電力変換装置 10 および宅内の負荷 4 との切り離しの確認が完了すると、第 3 の制御部 22 は、第 2 の制御部 18 に対して蓄電池 2 の放電制御を開始するよう指示を出す。

40

電圧計 15 と電流計 16 の計測値から算出した蓄電池 2 の充放電電力を用いて、電圧制御モードと M P P T 制御モード間のハンチング動作を抑える制御を行う。

なお、電圧計 15 と電流計 16 が、この発明の電力蓄積部の充放電電力を計測する電力計測部である。

以下、停電時の電力変換装置 10 における蓄電池 2 の制御について、図 14 を参照して説明する。

【 0 0 7 2 】

第 3 の制御部 22 からの第 2 の制御部 18 に対しての放電指示は、第 2 の制御部 18 内の第 2 の制御回路 184 にて受信され、第 2 の制御回路 184 は蓄電池 2 からの放電の可

50

否および放電可能電力量を確認する。蓄電池 2 からの放電が可能であれば、第 2 の制御回路 1 8 4 は放電制御回路 1 8 2 に対して自立運転での放電開始指示を出力する。その際、切換回路 1 8 3 に対しても放電制御回路 1 8 2 からの出力を選択するよう指示する。第 2 の制御回路 1 8 4 からの自立運転での放電開始指示を受信した放電制御回路 1 8 2 は、第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 に対する制御指令を出力し、第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 は電圧制御にて放電制御を開始する（図 1 4 中の S 1 1）。

なお、上記実施の形態 2 と同様、停電時には、電力系統 3 から電力が供給されないため、DC / AC 変換回路 2 1 では母線電圧を制御することはできない。従って、基本的に、母線電圧は第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 で制御する。具体的には、放電制御回路 1 8 2 は、電圧計 1 9 による母線電圧の計測値を得、この計測値が予め設定された母線電圧の目標値である第 1 の制御目標電圧となるように制御する。

10

【 0 0 7 3 】

第 2 の DC / DC 変換回路 1 7 を制御し、電圧計 1 9 による母線電圧の計測値が第 1 の制御目標電圧になると、第 2 の制御部 1 8 はその旨を第 3 の制御部 2 2 に通知する。第 3 の制御部 2 2 は、この通知を受け取ると、DC / AC 変換回路 2 1 を電圧制御にて起動する。

具体的には、第 3 の制御部 2 2 内で基準となる基準正弦波（例えば AC 2 0 0 V、6 0 H z）を発生させ、電圧計 2 3 から出力される電圧波形が基準正弦波と同様の正弦波となるように DC / AC 変換回路 2 1 を制御する。DC / AC 変換回路 2 1 より電力供給が開始されると、宅内の冷蔵庫、照明、TV などの負荷 4 が起動し、電力消費を開始する。

20

【 0 0 7 4 】

DC / AC 変換回路 2 1 から負荷 4 への電力供給が開始されると、第 3 の制御部 2 2 は第 1 の制御部 1 4 へ太陽光パネル 1 からの発電を開始するよう指示を出す。

以下、停電時の電力変換装置 1 0 における太陽光パネル 1 の制御について、図 1 2、1 3 を参照して説明する。図 1 2、1 3 は、停電時における第 1 の制御部 1 4 の制御フローである。

第 3 の制御部 2 2 からの太陽光パネル 1 の発電開始指示は、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 にて受信される。発電開始指示を受信した第 1 の制御回路 1 4 4 は、太陽光パネル電圧を計測する電圧計 1 1 から得られる計測値により太陽光パネル電圧を確認する（図 1 2、1 3 中の S 2 1）。

30

太陽光パネル電圧が所定値未満の場合は、S 1 1 7 で太陽光パネル 1 での発電ができていないと判断し、太陽光パネル電圧が所定値となるまで待機する。なお、太陽光パネル 1 を制御していた場合は、S 1 1 7 で太陽光パネル 1 の制御（電圧制御モード、あるいは M P P T 制御モード）を停止する。

一方、太陽光パネル 1 のパネル電圧が所定値以上であった場合は、第 1 の制御回路 1 4 4 は電圧制御回路 1 4 2 に対して太陽光パネル 1 を電圧制御モードで制御を開始するよう指示を出す。これにより、太陽光パネル 1 は電圧制御により発電を開始する（図 1 2、1 3 中の S 2 2）。その際、切換回路 1 4 3 に対しても電圧制御回路 1 4 2 の出力を選択するよう指示を出す。

なお、太陽光パネル 1 の制御が開始されていた場合は、太陽光パネル 1 の制御を継続する。また、電力系統 3 の停電が生じてから、ステップ S 2 2 までの処理は上記実施の形態 1、あるいは実施の形態 2 と基本的に同様である。以下の動作の一部が上記実施の形態 1、あるいは実施の形態 2 と異なっている。

40

【 0 0 7 5 】

そして、上記実施の形態 1 と同様、第 1 の制御回路 1 4 4 からの電圧制御モード開始指示を受信した電圧制御回路 1 4 2 は、太陽光パネル 1 を電圧制御モードで制御して、母線電圧が第 2 の制御目標電圧（蓄電池 2 を制御する際の制御電圧目標値よりも高い値、図 1 5（c）参照）となるように、第 1 の DC / DC 変換回路 1 3 を制御する。これにより、実施の形態 1 と同様、太陽光パネル 1 による発電を優先的に利用し、蓄電池 2 からの放電を抑えることができる。ここで、宅内の負荷 4 での消費電力が小さく、太陽光パネル 1 で

50

の発電電力が十分に得られる場合、直流母線 25 の直流母線電圧は図 15 (c) に示すように、時刻 0 から期間 A に入るまでの期間、徐々に上昇する。

そして、第 3 の閾値を超える (図 14 中の S 12)。第 3 の閾値を越えると、第 2 の制御部 18 内の第 2 の制御回路 184 は、蓄電池 2 の制御を充電制御に切り換える。具体的には、S 125 で現在の蓄電池 2 の制御モードが充電モードであるか確認する。充電モードである場合は、充電モードを継続する (S 15)。

一方、放電モードであった場合は、放電制御回路 182 に対して停止指示を出力し、第 2 の DC/DC 変換回路 17 を一旦停止する (S 126)。そして、第 2 の DC/DC 変換回路 17、充電制御回路 181、および放電制御回路 182 に対してレジスタや各種変数 (パラメータ) を初期化するよう指示を出す (S 127)。初期化指示を完了すると、第 2 の制御回路 184 は、充電制御回路 181 に起動指示を出力するとともに、切換回路 183 に対して充電制御回路 181 の出力を選択するよう指示を出す (S 128)。

なお、本実施の形態 3 では、電流計 16 より出力される電流値により、第 2 の DC/DC 変換回路 17 の動作が停止したことを確認する。そして、第 2 の DC/DC 変換回路 17 の停止を確認後、制御モードを切り換えて、再度第 2 の DC/DC 変換回路 17 を起動する。

【0076】

放電制御モードから充電制御モードに切り換えると、切り換え直後、蓄電池 2 に向かって突入電流が流れる。その際、太陽光パネル 1 の制御応答が追従できず図 15 (c) の期間 A の開始時に示すように、直流母線 25 の直流母線電圧が急峻に下がる。本実施の形態 3 では、蓄電池 2 の電圧制御目標値までは下がっていないが、例えば、直流母線 25 に接続された図示していない直流母線電圧平滑用のコンデンサの容量が小さい場合などは、蓄電池 2 の電圧制御目標値まで下がることもある。

本実施の形態 3 では、一旦下がった直流母線電圧は、太陽光パネル 1 の余剰電力により徐々に目標電圧まで回復してくる。なお、蓄電池 2 の電圧制御の際の応答性能にもよるが、余剰電力が全て蓄電池 2 に充電されても、直流母線電圧の電圧値が回復せず、蓄電池 2 の電圧制御目標値までそのまま下がってくる場合がある。

【0077】

蓄電池 2 が充電制御モードに切り換わり、余剰電力の充電を開始すると、第 1 の制御部 14 内の第 1 の制御回路 144 は S 101 で蓄電池 2 が充電制御モードであるか確認する (図 12、13 参照)。そして、充電制御モードであることを確認すると、第 1 の制御部 14 内の第 1 の制御回路 144 は、S 103 で蓄電池 2 の充電電力を確認する。

確認の結果、充電電力が第 11 の所定値以上であった場合は、S 104 以降を実施し、MPPT 制御モードへ移行する (詳細は後述する)。一方、第 11 の所定値未満であった場合は、蓄電池 2 が充電制御モードでありかつ充電電力が第 12 の所定値未満かを確認する (S 105)。

蓄電池 2 が充電制御モードであり、かつ充電電力が第 12 の所定値未満であった場合は、例えば、宅内の負荷 4 の消費電力が上昇 (あるいは日射量の変化など) により、太陽光パネル 1 での発電電力では、宅内の負荷 4 の消費電力を十分にまかなうことができない。この状態で負荷 4 の消費電力が変化した場合、電力変換装置 10 が追従できず電力変換装置 10 が停止する可能性がある。

これを避けるため、本実施の形態 3 では、太陽光パネル 1 の発電電力を制御できる電圧制御モードに切り換える。太陽光パネル 1 の制御が MPPT 制御モードから電圧制御モードに切り換えることで、上述したように太陽光パネル 1 での発電電力が下がる。これにより、蓄電池 2 の制御モードが充電制御モードから放電制御モードに切り換わる。本実施の形態 3 では、蓄電池 2 の制御モードが放電制御モードに切り換わるように第 12 の所定値を決定する。

このように制御することで、余剰電力が少ない場合は、太陽光パネル 1 の制御モードを電圧制御モードに移行することで、結果的に蓄電池 2 の制御モードを放電制御モードに移行するので、負荷 4 の使用電力が急に増加した場合でも、安定に電力を供給することがで

10

20

30

40

50

きる効果がある。

【 0 0 7 8 】

なお、上記動作を行わず M P P T 制御モードで制御を継続した場合、負荷 4 の電力が急峻に増加すると、太陽光パネル 1 の発電電力では負荷 4 に供給する電力がまかなえないため、蓄電池 2 を放電モードに移行する。蓄電池 2 を放電モードに移行する場合、太陽光パネル 1 の制御は一旦 M P P T 制御モードから電圧制御モードに切り換える必要がある（この理由については、後述する）。

太陽光パネル 1 を電圧制御モードに移行すると、太陽光パネル 1 の発電電力はさらに下がり、宅内の負荷 4 に供給する電力がさらに不足する。太陽光パネル 1 が電圧制御モードに移行すると、蓄電池 2 は図 1 4 の S 1 2 2 ~ S 1 2 4 に示すフローに従い、充電制御モードから放電制御モードに移行する（移行手順の詳細は後述する）。

蓄電池 2 の充電制御モードから放電制御モードに移行に際しては、第 2 の D C / D C 変換回路 1 7 を停止し、再起動するため時間がかかる。その間、不足電力を負荷に供給できないため、電力変換装置 1 0 が停止する、あるいは一部の負荷が停止するなどの問題が発生する。

【 0 0 7 9 】

図 1 2、1 3 の S 1 0 5 で、蓄電池 2 が充電制御モードでありかつ充電電力が第 1 2 の所定値未満の場合、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 は、S 1 1 2 で電圧制御モードへの移行マスク期間であるか確認する。移行マスク期間であった場合は、S 1 1 3 で蓄電池 2 の充放電制御を切り換えるかを、第 2 の制御部 1 8 に確認する。充放電制御の切り換えを計画していないか、あるいは充放電の切り換えを実施していない場合は、太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードのまま S 2 1 に戻る。

一方、S 1 1 2 で電圧制御モードへの移行マスク期間ではなかった場合、あるいは S 1 1 3 で蓄電池 2 の充放電を切り換え制御中であった場合は、S 1 1 4 で太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードから電圧制御モードに移行する。電圧制御モードへの移行に際しては、図 1 1 に示すように、M P P T 制御モードでは、電圧制御モードの際の電圧制御範囲より低い電圧で太陽光パネル 1 の制御を行っている。従って、電圧制御開始時は、直流母線 2 5 の直流母線電圧を図 1 1 に示す電圧制御範囲の下限電圧になるよう制御を行う。そして、太陽光パネル 1 の電圧が下限電圧になると、第 2 の制御回路 1 8 4 は、直流母線電圧が第 2 の制御目標電圧になるよう制御を開始する。なお、S 1 1 4 で電圧制御モードへ移行すると、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 は、後述する第 1 3 の所定値を電圧制御モード時に使用する値に変更し（S 1 1 5）、S 2 1 に戻る。

【 0 0 8 0 】

一方、S 1 0 3（図 1 2、1 3 参照）で、蓄電池 2 の充電電力が第 1 1 の所定値以上であった場合は、S 1 0 4 で太陽光パネル 1 の制御モードが M P P T 制御モードか確認する。M P P T 制御モードであった場合は、S 1 0 5 で上述した処理を実施する。

M P P T 制御モードではなかった場合は、本実施の形態 3 では M P P T 制御モードに移行するため、S 1 0 6 で日射量が急変していないかを確認する。日射量の急変が発生していた場合は、M P P T 制御モードに移行しても、最適な制御ポイント（発電電力が最大になるポイント）に制御することができない。そのため、日射量の急変が落ち着くまで M P P T 制御モードへの移行は行わず電圧制御モードのまま動作を継続する（S 2 1 に戻る）。

一方、日射量の急変が発生していなかった場合は、宅内の負荷 4 の消費電力が急変しているかを確認する（S 1 0 7）。宅内の負荷 4 の消費電力が急変している場合、特に、消費電力が急に増加している場合は、太陽光パネル 1 の発電電力では負荷 4 に供給する電力がまかなえない可能性がある。この場合、太陽光パネル 1 の応答性能にもよるが、負荷急変に追従できないため、蓄電池 2 を充電制御モードから放電制御モードに切り換わる可能性がある。

従って、宅内の負荷 4 の消費電力が急変している場合は、負荷 4 の消費電力が落ち着くまで M P P T 制御モードへは移行せず電圧制御モードのまま動作を継続する（S 2 1 に戻

10

20

30

40

50

る)。なお、蓄電池 2 を充電制御モードから放電制御モード、あるいは放電制御モードから充電制御モードに切り換える場合は、太陽光パネル 1 は電圧制御モードで制御する必要がある(この理由は後述する)。

【0081】

S107(図12、13参照)で、負荷4の消費電力が急峻に変化していない場合は、S108でMPPT制御モードへの移行タイミングかを確認する。具体的には、電力変換装置10が出力している交流電圧のゼロクロス点付近かを確認する。これは、宅内の負荷4の交流電圧の0クロス点付近での消費電力がほぼ“0”であることに起因する。

例えば、交流電圧のピークでMPPT制御モードに移行した場合、宅内の負荷4のその瞬間の消費電力は最大となる。そのため、電力変換装置10から大きな電力が宅内の負荷4に向かって供給される。これにより、直流母線25の直流母線電圧が下がる。よって、第1のDC/DC変換回路13に出力される指令値が同じであった場合でも、直流母線電圧が変わるため制御ポイントは移動する。これは、MPPT制御開始時の外乱となり、MPPT制御開始から、最大電力点に制御ポイントを持っていくまでの時間が長くなる。

従って、本実施の形態3では、MPPT制御モードへの切り換えは、交流電圧の0クロス点付近で実施する。交流電圧の0クロス点付近ではなかった場合は、MPPT制御モードへは移行せず、電圧制御モードのまま動作を継続する(S21に戻る)。

【0082】

S108(図12、13参照)で交流電圧の0クロス点を検出すると、第1の制御部14中の第1の制御回路144は、電圧制御回路142に対して停止指示を出力する。これとともに、前回の制御指令値は、直流母線電圧を上げる方向で指令値を出力したか、下げる方向に指令値を出力したかを確認する。第1の制御回路144は、前回の指令値情報の取得を完了すると、MPPT制御回路141に起動指示を出すと同時に、取得した指令値情報を通知する(S109)。その際、第1の制御回路144は切り換え回路143に対してMPPT制御回路141の出力を選択するよう指示を出す。

MPPT制御回路141は、起動指示を受け取ると、第1の制御回路144から入力された指令値情報と、前回計測した太陽光パネル1の発電電力、および現在の発電電力からMPPT制御で指令値を動かす方向を決定する。

【0083】

一方、第1の制御回路144は、S110で図示していない自身の内部に設けられた電圧制御への移行を一定期間マスクする移行マスクカウンタをセットする。これは、以下の理由に基づく。

電圧制御モードからMPPTモードに移行すると、図15(c)に示すように直流母線25の直流母線電圧の制御主体が蓄電池2を駆動する第2のDC/DC変換部17になる。これにより、図15(c)の期間Bに示すように、直流母線電圧は蓄電池2の電圧制御目標値に向かって下がってくる。その際、太陽光パネル1の発電電力は、MPPT制御モード移行直後は下がる場合(図16(a)の実線波形を参照)がある。

実施の形態3では、MPPT制御モード移行直後、発電電力が下がる場合について示している。これは、以下の理由により発生する。

図15(c)に示すように、直流母線電圧が下がるため、同じ指令値であっても、太陽光パネル1の発電電力は変わる。基本的には、太陽光パネル1の電圧が下がるため、発電電力は上がる。このとき、本来ならば、電圧制御からMPPT制御に切り換えた直後は、図11に示すように電圧を下げる方向に指令値を出す必要がある。

しかし、MPPT制御回路141の指令値が太陽光パネル1の電圧を上げる方向に動かすものであった場合、次回の制御で、MPPT制御回路141は、さらに太陽光パネル1の電圧を上げる方向に指令値を出力する。これが、MPPT制御開始の際の外乱となり、MPPT制御モード移行直後は、一旦発電電力が下がる理由である。なお、図16(a)中の破線は負荷4の消費電力を示す。

【0084】

上述のようにMPPT制御モードへの移行直後は、太陽光パネル1の発電電力が下がる

10

20

30

40

50

ため、蓄電池 2 に充電する充電電力は図 1 6 (b) の期間 B に示すように減少する。本実施の形態 3 では、先に述べた理由により、蓄電池 2 が充電制御モードであった場合も、蓄電池 2 への充電電力が第 1 2 の所定値未満であった場合は、太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードに移行する(図 1 2、1 3 の S 1 0 5 参照)。

しかし、M P P T 制御モード切り換え直後は、上述のように、太陽光パネル 1 の発電電力が一時的に下がることがあるため、蓄電池 2 への蓄電電力が第 1 2 の所定値未満になる場合がある。このときに太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードから電圧制御モードに切り換えると、上述したように蓄電池 2 も放電制御モードに移行する。

このとき、負荷 4 の消費電力、および日射量がほとんど変わらなかった場合、太陽光パネル 1 の電圧制御が収束すると、直流母線 2 5 の直流母線電圧が第 3 の閾値を越え、再び蓄電池 2 が充電制御モードに切り換わる(図 1 4 の S 1 2、S 1 2 5 参照)。そして、太陽光パネル 1 の制御も再び M P P T 制御モードに切り換わる。

以上のように、太陽光パネル 1 の電圧制御モードへの移行を阻止する(マスクする)所定の期間を設けないと、電力変換装置 1 0 内の蓄電池 2 の制御、および太陽光パネル 1 の制御がハンチングを起こす。よって、本実施の形態 3 では、太陽光パネル 1 の電圧制御モードへの移行を阻止する所定の期間を設けることで、上記制御のハンチングを抑えることができる。

S 1 1 0 (図 1 2、1 3 参照)で電圧制御への移行マスクカウンタをセットし、起動を完了すると、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 は、後述する第 1 3 の所定値を M P P T 制御モード時の所定値に変更する(S 1 1 1)。

【 0 0 8 5 】

S 1 0 3 (図 1 2、1 3 参照)で充電電力が第 1 1 の所定値未満の場合、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 は、S 1 0 5 で蓄電池 2 が充電モードであり、かつ蓄電池 2 への充電電力が第 1 2 の所定値未満か確認する。確認の結果、放電モードあるいは第 1 2 の所定値以上の場合は、S 2 1 に戻り、太陽光パネル 1 の制御を継続する。

一方、充電モードであり、かつ第 1 2 の所定値未満であった場合は、S 1 1 2 で上述した太陽光パネル 1 の電圧制御への移行をマスクする期間かを確認する。確認の結果、マスクする期間であった場合、第 1 の制御部 1 4 内の第 1 の制御回路 1 4 4 は、S 1 1 3 で蓄電池 2 が充放電の制御モードの切り換えを実施しているかを確認する。

太陽光パネル 1 の制御で、蓄電池 2 の充放電制御切り換えを確認するのは以下の理由に基づく。本実施の形態 3 では、蓄電池 2 の充放電制御モードを切り換える場合、一旦、第 2 の D C / D C 変換回路 1 7 の動作を停止させる。従って、太陽光パネル 1 の制御モードが M P P T 制御であった場合、第 2 の D C / D C 変換回路 1 7 が停止している期間は、直流母線 2 5 の直流電圧は制御されない。

直流母線 2 5 の直流母線電圧が制御されなかった場合、図 1 7 に示すように、太陽光パネル 1 により発電された電力で直流母線 2 5 に接続された図示していないコンデンサに電力が充電され直流母線電圧が上昇する。図 1 7 において、直流母線電圧が C から D に上昇する。

一方、第 1 の D C / D C 変換回路 1 3 では、第 1 の制御部 1 4 から出力される制御指令値(昇圧比)、および直流母線電圧に基づき太陽光パネル 1 のパネル電圧を制御する。従って、制御指令値(昇圧比)が同一であっても、直流母線電圧が高くなるため、太陽光パネル 1 の動作点(制御ポイント)が点 A から点 B に移動する。

例えば、直流母線電圧が 3 5 0 V で制御されており、制御ポイント A の動作電圧が 2 0 0 V とすると、制御指令値は $200 / 350 = 0.57$ となる。

そして、上記理由により直流母線電圧が 4 0 0 V に上昇すると同じ指令値の場合、太陽光パネル 1 の動作電圧は $400 \times 0.57 = 228$ V となる(制御ポイント B)。

太陽光パネル 1 は図 1 7 に示すように、最適制御ポイントより電圧が大きくなると、発電電力は著しく低下する。従って、蓄電池 2 の制御を切り換える際に、太陽光パネル 1 の制御を M P P T 制御モードで継続していた場合、制御ポイントは図 1 7 の B に移動するため、太陽光パネル 1 の発電電力が著しく少なくなるため、宅内の負荷 4 への供給電力が不

10

20

30

40

50

足し、負荷 4 が停止してしまう。

従って、本実施の形態 3 では、図 15、16 のタイミングチャートに示すように、蓄電池 2 の制御モードを切り換える際（期間 A、および期間 C 部）は、太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードに切り換えた後に、蓄電池 2 の制御モードを切り換えるよう制御することで、上記問題点を解決している。

【0086】

図 12、13 の S113 で蓄電池 2 が充放電制御の切り換え中であった場合は、第 1 の制御部 14 内の第 1 の制御回路 144 は、電圧制御への移行マスク期間であっても強制的に太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードに切り換える（S114）。S114 で太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードに切り換えると、第 1 の制御回路 144 は、後述する第 13 の所定値を電圧制御時に使用する値に変更する。

10

以下、図 18 を参照して第 13 の所定値を用いた MPP T 制御モードと電圧制御モードの切り換え制御方法について説明する。なお、第 13 の所定値が、この発明の第 1 の所定値である。

本実施の形態 3 では、

第 13 の所定値（電圧制御モード時）> 第 13 の所定値（MPP T 制御モード時）とする。

通常、電圧制御モードから MPP T 制御モードに切り換えると、余剰電力が発生する。そのため、蓄電池 2 からの放電電力は少なくなる。その際、蓄電池 2 からの放電電力が小さい状態で、太陽光パネル 1 の制御を電圧制御モードから MPP T 制御モードに切り換えると、MPP T 制御モードでの発電電力が負荷 4 の消費電力より大きくなり余剰電力が発生する。そのため、蓄電池 2 は放電制御モードから充電制御モードに切り換わる。

20

しかし、元々、蓄電池 2 からも若干の放電があることから、太陽光パネル 1 を切り換える際は、基本的には、太陽光パネル 1 は電圧制御モードで発電できる最大の電力を発電している。従って、負荷 4 の消費電力、および日射量が変化しないとすると、蓄電池 2 の充電電力（余剰電力）は、

MPP T 制御モードでの発電電力 - 電圧制御モードでの発電電力 放電電力
となる。例えば、MPP T 制御モードでの発電電力と電圧制御モードでの発電電力の差が 250 W 程度で、放電電力が 200 W 程度であった場合、蓄電池 2 を充電制御モードに切り換えると 50 W の余剰電力が充電される。

30

ここで、宅内の負荷 4 の消費電力が、例えばインバーター機器（短時間で周期的に消費電力が増加する機器）が動作すると、平均消費電力が 50 W 未満であっても数秒間 100 W 程度の消費電力が発生すると、蓄電池 2 に供給する余剰電力がなくなり、蓄電池 2 は再度放電制御モードに切り換わる。

そこで、宅内の負荷 4 の消費電力が元に戻ると、再び余剰電力が発生し、蓄電池 2 は、再度電圧制御モードに切り換わる。そして十数秒間、宅内の負荷 4 の消費電力が 20 W 程度になると再び、太陽光パネル 1 の制御モードが MPP T 制御モードに切り換わり、再度蓄電池 2 が充電制御モードに切り換わる。

【0087】

以上のように、蓄電池 2 の放電電力が小さい状態で太陽光パネル 1 の制御を MPP T 制御モードに移行すると蓄電池 2 は充電制御モードと放電制御モードが交互に切り換わる（ハンチング）が発生する。

40

従って、本実施の形態 3 では、上記ハンチングを抑えるために、MPP T 制御モードへの移行は、少なくとも太陽光パネル 1 が MPP T 制御モードに切り換わっても、蓄電池 2 の制御モードが放電制御モードを維持できる放電電力がある場合に移行するよう電圧制御時の第 13 の所定値を決定する。

具体的には、実施の形態 2 で推定した MPP T 制御モードでの最大発電電力から、同様の方法で推定して求めた電圧制御モードで発電できる最大発電電力を引いた差分値にハンチング防止用のオフセット電力をプラスした値を設定する（例えば、250 W + 150 W = 400 W）。

50

【 0 0 8 8 】

一方、M P P T制御モードに一旦切り換えた後は、できる限り、太陽光パネル1での発電電力を有効に活用するため、実施の形態3では、電圧制御モードへの移行条件にヒステリシスを与える。

具体的には、図18に示すように、M P P T制御モード移行後に、S 1 1 1 (図12、13参照)で第13の所定値をM P P T制御モード時に使用する値に変更する。また、電圧制御モード移行後は、S 1 1 5で第13の所定値を電圧制御時に使用する値に変更する。

例えば、電圧制御モード時の第13の所定値を400W程度とした場合は、M P P T制御モード時は50W程度とする。

10

【 0 0 8 9 】

この理由を以下に説明する。第13の所定値が電圧制御モードの場合とM P P T制御モードの場合で同一であるとすると、M P P T制御モードへの移行により太陽光パネル1からの発電電力が増加するため、負荷4の消費電力、および日射量が同じとすると、蓄電池2からの放電電力は、太陽光パネル1での発電電力が増加した分、減少する。従って、S 1 1 0 2 (図12、13参照)では、放電電力が第13の所定値未満となるためS 1 1 6に進む。

そして、S 1 1 6で直流母線電圧が第11の閾値と比較される。通常、第11の閾値は蓄電池2の制御目標値よりも小さく設定されるが、例えば、負荷4の消費電力が、瞬間的に上昇した場合など、第2のD C / D C変換回路17の応答が追従できず、直流母線25の直流母線電圧が第11の閾値を上回ることがある。その際、S 1 1 6からS 1 1 2へ進み、太陽光パネル1の制御はM P P T制御から電圧制御に再度移行する。

20

一方、第13の所定値を下げていた場合は、S 1 1 0 2で放電電力が第13の所定値以上(例えば、 $400W - 250W = 150W$)となり、負荷4の消費電力が、瞬間的に上昇した場合でも、すぐには電圧制御モードには移行せず、M P P T制御モードを継続できる。これにより、上記ハンチングを防止できるとともに、不必要な太陽光パネル1の制御モード切り換えが発生しないので、太陽光パネル1の発電電力を最大限活用できる効果がある。

【 0 0 9 0 】

第1の制御部14内の第1の制御回路144は、S 1 1 0 1 (図12、13参照)で蓄電池2が放電制御モードであった場合、S 1 1 0 2で蓄電池2の放電電力を確認する。確認の結果、第13の所定値以上であった場合は、S 1 1 0 4に進み、M P P T制御モードであった場合は、S 1 1 0 5を経由してS 2 1に戻る。上述したように第13の所定値は、M P P T制御モードの場合と電圧制御モードの場合で異なる。

30

一方、S 1 1 0 2で第13の所定値未満であった場合は、S 1 1 6で直流母線電圧を確認する。確認の結果、直流母線電圧が第11の閾値以下の場合は、S 2 1に戻る。また、第11の閾値を超えていた場合は、太陽光パネル1での発電電力が多いと判断し、S 1 1 2に進み、図12、13に示すフローに従い、太陽光パネル1の制御を電圧制御モードに移行する。

このように制御することで、蓄電池2の充電制御モードへの移行をスムーズに進めることができる効果がある。

40

これは、上述したように、蓄電池2の制御モード移行に当たっては、太陽光パネル1を電圧制御モードに移行させる必要があるためである。

【 0 0 9 1 】

図16(a)で、負荷4の消費電力が上昇してくる(X部)と、蓄電池2の充電電力は小さくなっていく(図16(b)参照)。それに伴い、直流母線電圧が下がってくる。S 1 1 2 (図14参照)で直流母線電圧が第3の閾値未満であった場合、第2の制御部18内の第2の制御回路184は、S 1 1 4で直流母線電圧を第4の閾値と比較する。

S 1 1 4で直流母線電圧が第4の閾値を越えている場合は、負荷4に電力が十分供給されていると判断し、前回の制御(現在の制御)を継続し(S 1 1 5)、S 1 1 2に戻る。一方、

50

S 1 4で第4の閾値以下の場合、S 1 2 1で蓄電池2の制御モードを確認する。

S 1 2 1で放電モードであった場合は、前回の制御(現在の制御)を継続し(S 1 5)、S 1 2に戻る。S 1 2 1で充電モードであった場合は、第2の制御部18内の第2の制御回路184は、蓄電池2の制御モードを充電制御モードから放電制御モードに切り換える。

【0092】

切り換えに際しては、第2の制御部18内の第2の制御回路184は、第1の制御部14に対して、太陽光パネル1の制御モードを確認する。制御モードがM P P T制御モードであった場合は、第1の制御部14に対して、蓄電池2の制御モードを切り換えることを通知する。第1の制御部14は、蓄電池2の制御モード切り換え情報を受信すると、M P P T制御モードから電圧制御モードに制御を切り換える。

10

そして、電圧制御モードへの切り換えを完了すると、第1の制御部14は第2の制御部18内の第2の制御回路184に電圧制御モードへの移行完了を通知する。第2の制御回路184は、第1の制御部14より電圧制御モードへの移行完了通知を受信すると、S 1 2 2で一旦第2のD C / D C変換回路17を停止する。そして、第2のD C / D C変換回路17の停止を確認すると、S 1 2 3で第2のD C / D C変換回路17、充電制御回路181、および放電制御回路182に対してレジスタや各種変数(パラメータ)を初期化するように指示を出す。

なお、本実施の形態3では、電流計16より出力される電流の絶対値が所定値未満でなくなったかを確認することで、第2のD C / D C変換回路17の停止を確認する。

20

初期化指示を完了すると、第2の制御回路184は、放電制御回路182に起動指示を出力するとともに、切換回路183に対して放電制御回路182の出力を選択するよう指示を出す(S 1 2 4)。S 1 2 4で放電制御モードでの起動を完了するとS 1 2に戻り、蓄電池2の制御を継続する。

【0093】

なお、以上の実施の形態3の説明では、図12、13のS 1 0 2において放電電力が第13の所定値以上かどうか判定し、第13の所定値以上の場合、日射量、負荷の状態を確認してM P P T制御モードへ移行している。また、S 1 0 2において、第13の所定値未満の場合、母線電圧を確認して電圧制御モードへ移行している。

これを放電電力が第13の所定値以上であればM P P T制御モードへ移行し、放電電力が第13の所定値未満であれば電圧制御モードへ移行することで、電圧制御モードとM P P Tモード間のハンチング動作を抑える効果を損なうことなく、制御処理を簡素化することができる。

30

【0094】

以上のように、本実施の形態3の電力変換装置10は、電力系統3の停電時に、太陽光パネル1の制御モードを、蓄電池2の制御モードあるいは放電電力を元に、M P P T制御モードと電圧制御モードとを切り換えるため、太陽光パネル1での発電電力を最大限効率よく取り出し有効活用することができる効果がある。その際、電圧制御モードからM P P T制御モードに切り換える際の判断条件となる放電電力に係る第13の所定値を、各制御モードで異なる値とすることで、制御モードの切り換え条件にヒステリシスを持たすことができる。

40

これにより、太陽光パネル1の切り換え時に制御モードが繰り返し切り換えられるハンチング動作を抑制することができ、ハンチング発生により、太陽光パネル1の発電電力を最大限活用することができなくなるとの問題点を解決することができる効果がある。

【0095】

また、停電時の制御モード切り換えには、上述したように一時的に太陽光パネル1の発電電力が落ちることがある。その時、蓄電池2が充電制御モードで動作していた場合、負荷4への供給電力が一時的に落ちることで、直流母線25の直流母線電圧が低下する。移行をマスクすることで、電力制御モードから電圧制御モードへの切り換えを所定期間阻止することができる。このため、不必要な太陽光パネル1の制御モードの移行を抑えること

50

ができ、制御モードが繰り返し切り換えられるハンチングを防止することができる効果がある。

なお、本実施の形態3では、制御モードのマスクを太陽光パネル1の制御のみに適用した場合について説明したが、マスク期間に蓄電池2の制御モードについても移行をマスクするように制御しても同様の効果を奏する。

ただし、蓄電池2に本マスク制御を採用する場合は、負荷急変により、負荷4への供給電力が不足した場合は、充電制御モードから放電制御モードへ切り換える必要があるため、図14のS14中の第4の閾値を太陽光パネル1の制御切り換えマスク期間中と通常で切り換える。

なお、制御切り換えマスク期間中は第4の閾値をマスク期間以外の値より小さく設定することで、蓄電池2の制御モードの不必要な切り換えについても抑えることができる。

【0096】

さらに、本実施の形態3では、停電時の太陽光パネル1の切り換え制御時のみに、切り換えマスク期間を設定したが、これに限るものではなく、蓄電池2の制御モード切り換え直後の一定期間、蓄電池の制御モードの移行をマスクするように構成すれば、不必要な蓄電池2の制御モードの移行を抑えることができる。

蓄電池2の制御モードの移行に際しては、上述したように太陽光パネル1の制御モードを電圧制御モードに切り換える必要がある。従って、蓄電池2の不必要な制御モードの移行を抑えることで、太陽光パネル1の制御モードの移行についても抑えることができるので、太陽光パネル1の発電能力を最大限活用することができ、停電時の自立運転での動作継続時間の拡大を図ることができる効果がある。なお、蓄電池2の制御モード移行マスク期間中は、太陽光パネル1の制御モード移行を抑えるよう制御することで、不必要な制御モードの移行（太陽光パネル制御、および蓄電池制御）を抑えることができる。

また、蓄電池2の制御モード移行マスク期間中に負荷4の消費電力が急変する、あるいは日射量が急変し、太陽光パネル1の発電電力が急変した場合に対応する必要がある。よって、蓄電池2の制御については、完全にマスクするのではなく、図14のS12の第3の閾値、S14中の第4の閾値をマスク期間中とそれ以外で切り換えるよう構成することで、負荷急変や日射急変にも対応することができる。

【0097】

また、本実施の形態3では、停電時の蓄電池2の制御モード切り換え時に太陽光パネル1の制御モードを電圧制御に切り換えた後に、蓄電池2の制御モードを切り換えるよう構成したので、蓄電池2の制御モード切り換え時においても直流母線25の直流母線電圧を管理することができる。このため、制御切り換え時に直流母線電圧が想定外の電圧になることを避けることができる効果がある。

これにより、蓄電池2の制御モード切り換え時に太陽光パネル1のパネル電圧が大きく変化することを抑える（図17参照）ことができ、電力変換装置10を安定に動作させることができる効果がある。

【0098】

なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0099】

この発明は、停電時に、太陽電池から効率よく電力を得て発電電力を有効活用することができる電力変換装置に関するものであり、分散化電源の制御に広く適用できる。

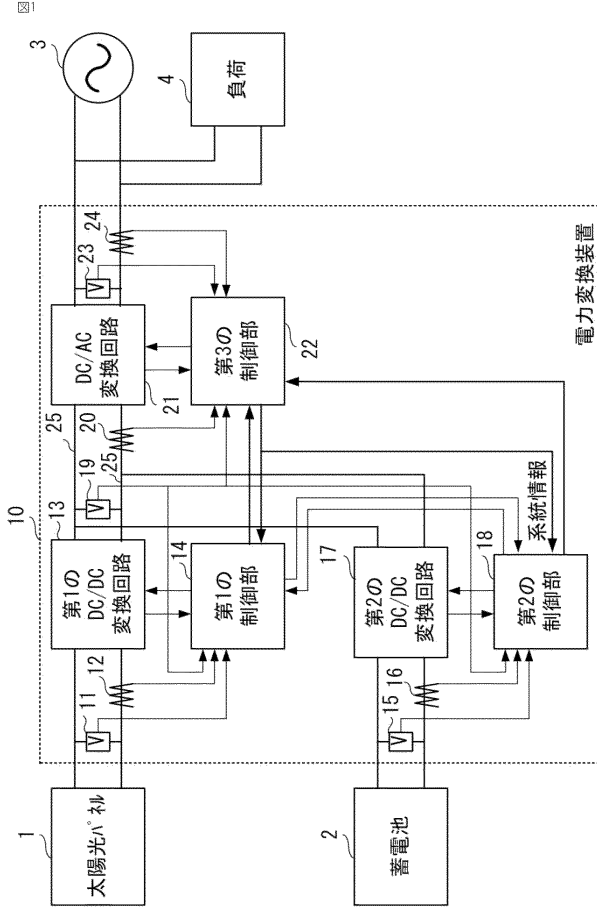
10

20

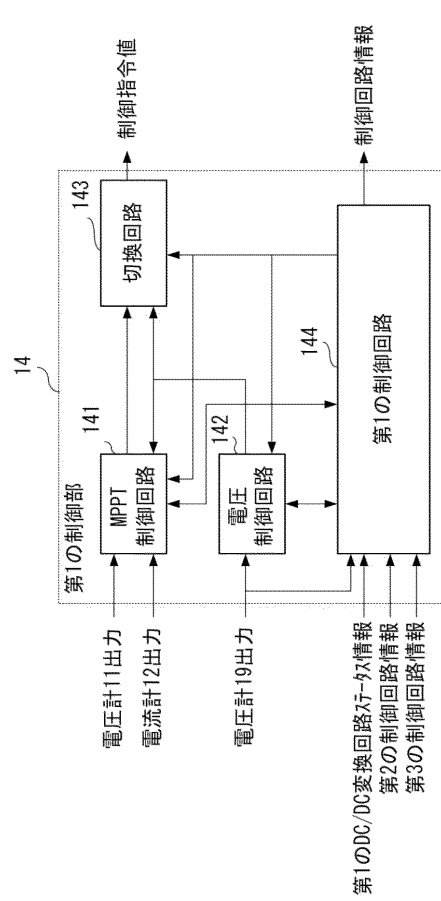
30

40

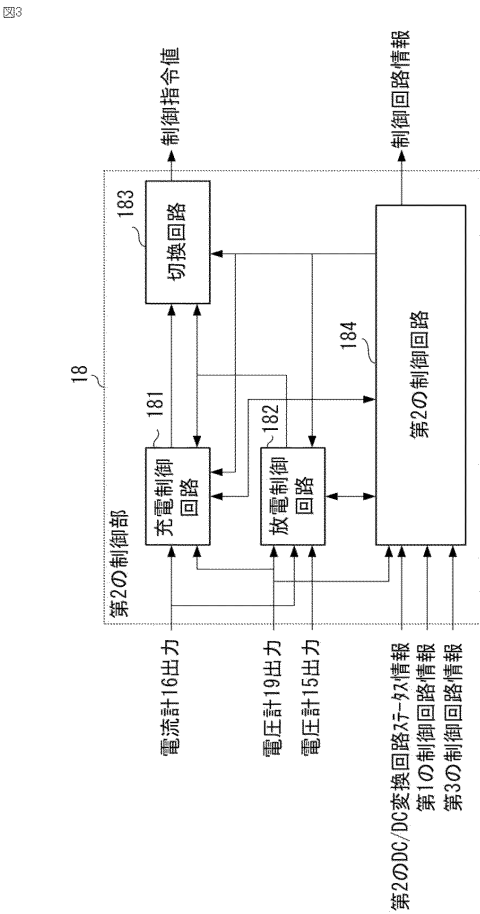
【図1】



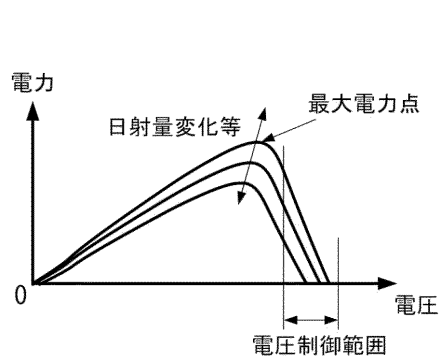
【図2】



【図3】

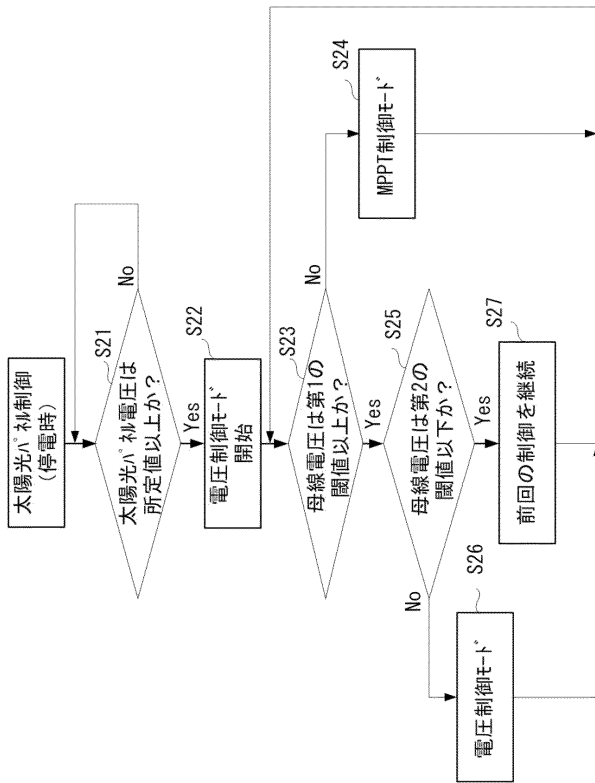


【図4】



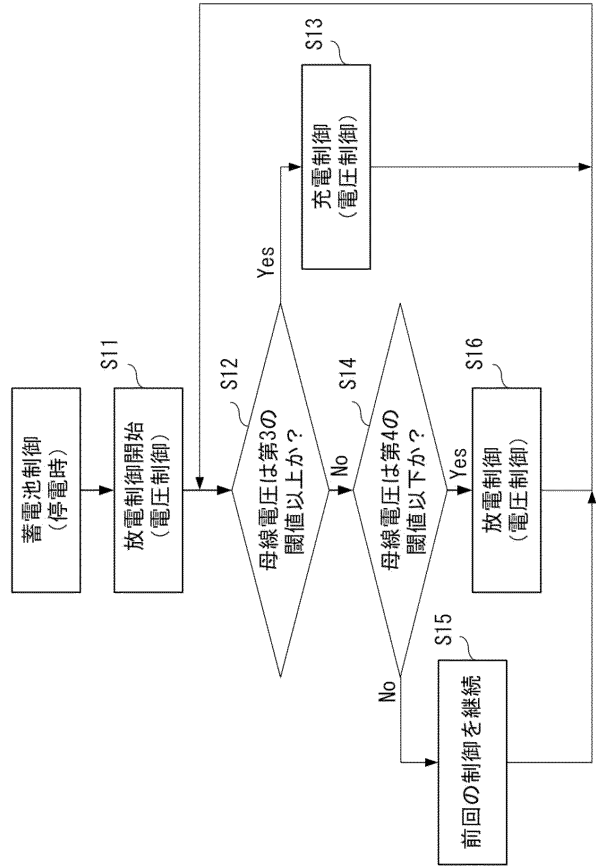
【図5】

図5



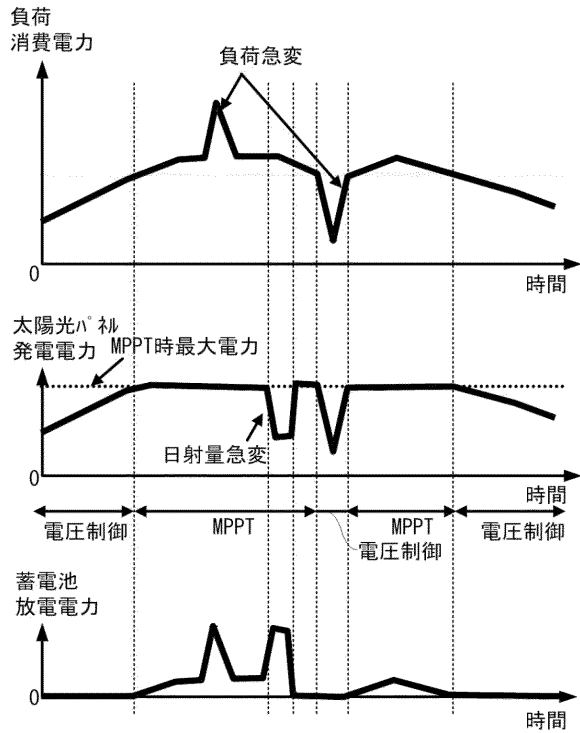
【図6】

図6



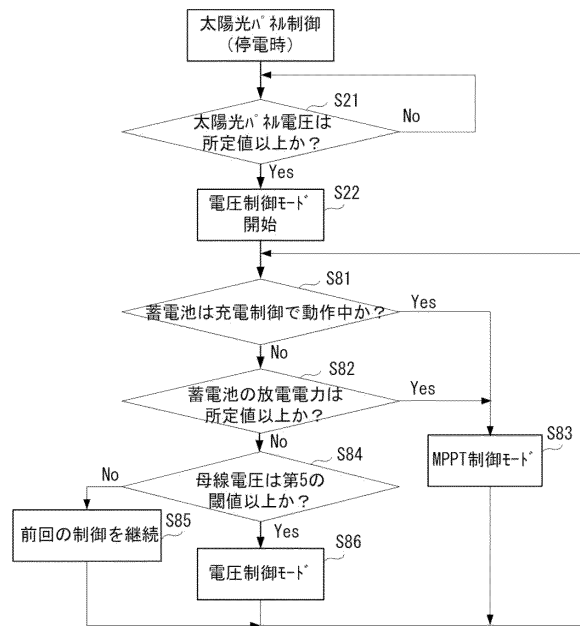
【図7】

図7



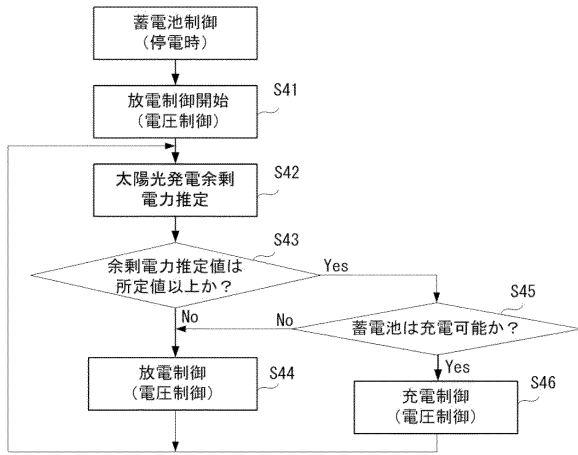
【図8】

図8



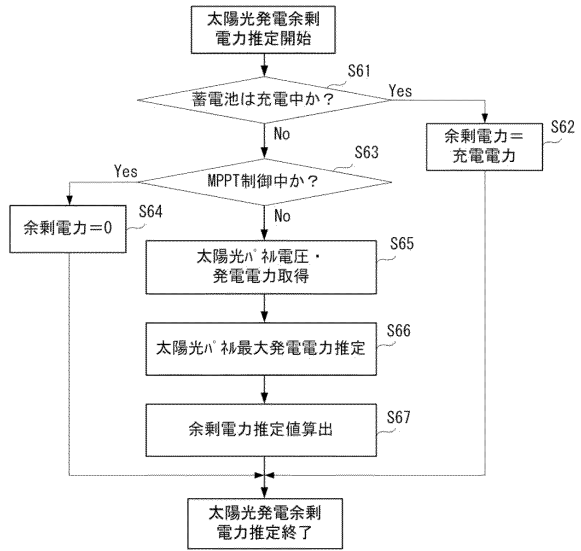
【図9】

図9



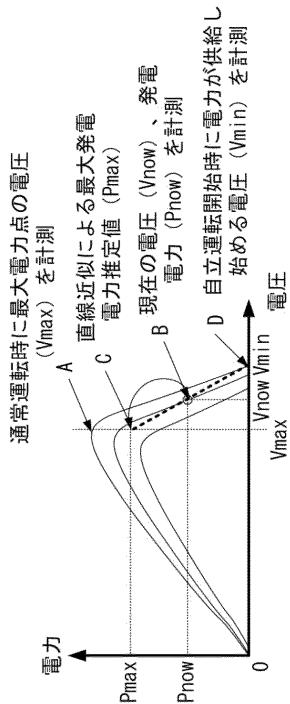
【図10】

図10



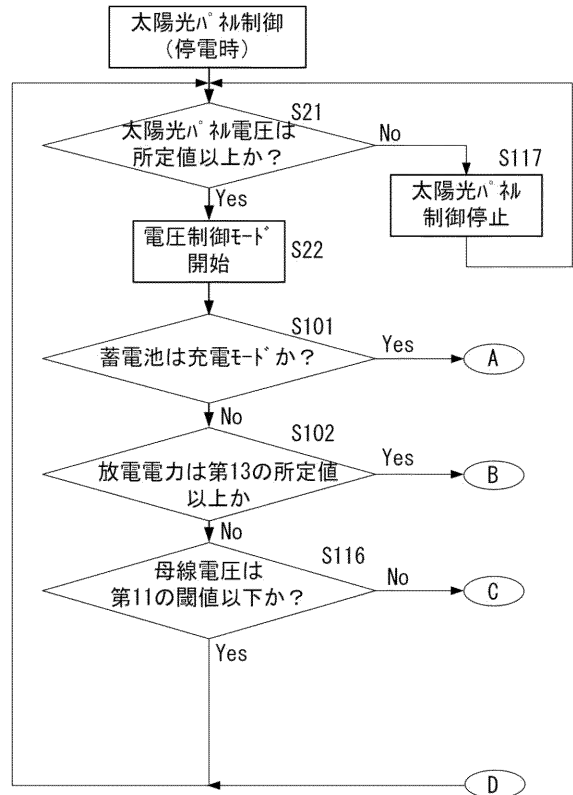
【図11】

図11



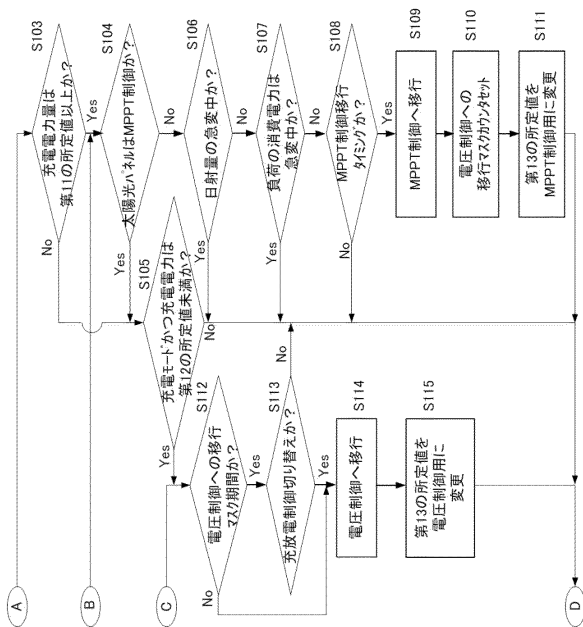
【図12】

図12



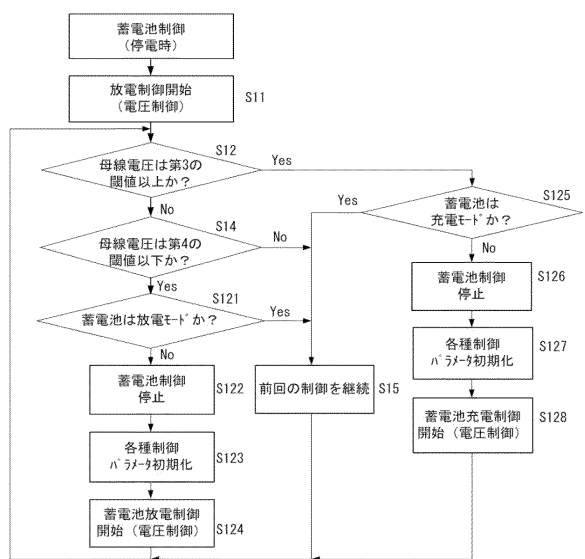
【図13】

図13



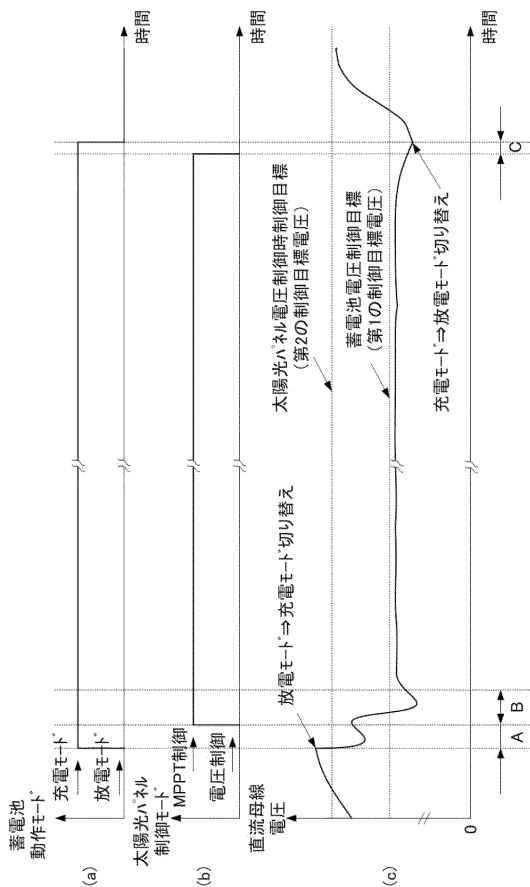
【図14】

図14



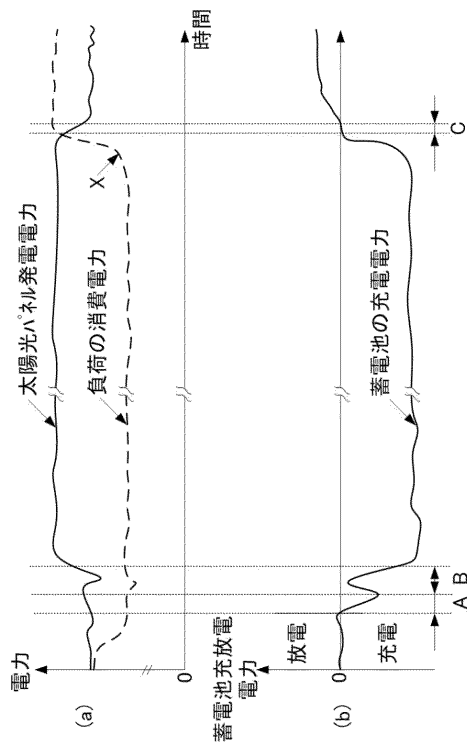
【図15】

図15



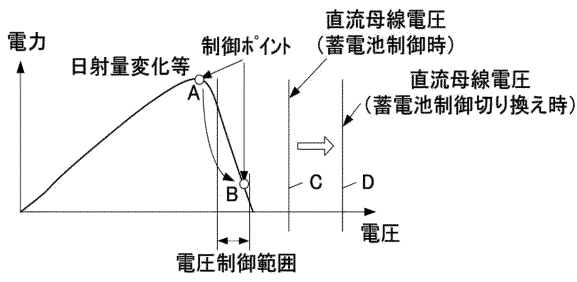
【図16】

図16



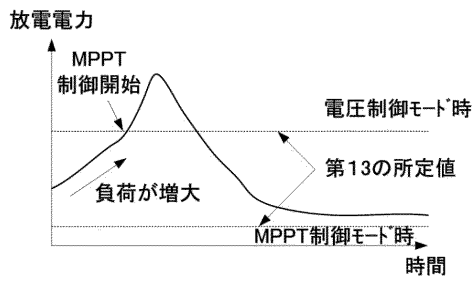
【図17】

図17



【図18】

図18



フロントページの続き

(72)発明者 川野 英樹
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 田中 寛人

(56)参考文献 特開2001-008383(JP,A)
特許第4641507(JP,B2)
特開2002-354677(JP,A)
特開2005-130572(JP,A)
特開2002-044869(JP,A)
特開昭62-154121(JP,A)
特開2012-010532(JP,A)
特開2008-295133(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J3/00-7/12
7/34-7/36