

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6086867号
(P6086867)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl.

F 1

H02M 7/48 (2007.01)

H02M 7/48

H01M 8/04858 (2016.01)

H01M 8/04

H01M 8/12 (2016.01)

H01M 8/12

Z

P

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-536692 (P2013-536692)
 (86) (22) 出願日 平成23年10月24日 (2011.10.24)
 (65) 公表番号 特表2014-500698 (P2014-500698A)
 (43) 公表日 平成26年1月9日 (2014.1.9)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2011/057440
 (87) 國際公開番号 WO2012/061055
 (87) 國際公開日 平成24年5月10日 (2012.5.10)
 審査請求日 平成26年10月17日 (2014.10.17)
 (31) 優先権主張番号 61/406,265
 (32) 優先日 平成22年10月25日 (2010.10.25)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 508025493
 ブルーム エナジー コーポレーション
 アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 1299
 (74) 代理人 100102978
 弁理士 清水 初志
 (74) 代理人 100102118
 弁理士 春名 雅夫
 (74) 代理人 100160923
 弁理士 山口 裕幸
 (74) 代理人 100119507
 弁理士 刑部 俊
 (74) 代理人 100142929
 弁理士 井上 隆一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】燃料電池制御装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池システムの複合ネットワーク並列入出力インバータを单一インバータアセンブリとしてマスタコントローラによって制御することを含む方法であって、

該单一インバータアセンブリ内の全ての該インバータが複数の燃料電池スタックセグメントから同一の分割バスの直流(DC)入力を並列入力として受け取り、且つ共通の三相交流(AC)並列出力を負荷に対して出力し、

該マスタコントローラが、

該分割バスの直流(DC)入力の状況を識別し、かつ該分割バスの直流(DC)入力の電力破綻を避けるために、該单一インバータアセンブリ内の個々のインバータの電力設定値およびオン/オフ状態を制御し、

該单一インバータアセンブリ内の第1のインバータの電力設定値が該单一インバータアセンブリ内の第2のインバータの電力設定値と異なるように、該单一インバータアセンブリ内の個々のインバータの該電力設定値を制御する、

方法。

【請求項 2】

複数の燃料電池セグメントと、複数のDC/DCコンバータと、複数のDC/DCコンバータの分割バス出力に接続された少なくとも1つのDC/ACインバータと、複数のDC負荷と、を具備する燃料電池システムであって、該複数のDC負荷の第1セットが該分割バスの1つの伝導性バスにのみ接続され、該複数のDC負荷の第2セットが該分割バス

の他方の伝導性バスにのみ接続されている燃料電池システム。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの DC / AC インバータを含む複数のインバータであって、該複数のインバータからなる第 1 セットが前記分割バスの第 1 セグメントに割り当てられ、且つ該複数のインバータからなる第 2 セットが該分割バスの第 2 セグメントに割り当てられる、複数のインバータと、

マスタコントローラに、

1 つの入力が 1 つのインバータの劣化状態を示している、該複数のインバータの各々からの入力を受信すること、および

該複数のインバータからの該入力に応答して、該複数のインバータに、各インバータの出力を命令するコマンドおよび該複数のインバータの特定の 1 つが「オン」または「オフ」状態にあるか否かを命令するコマンドを送信すること

を含む動作を実行させるソフトウェア実行可能命令で設定されたプロセッサを含む、マスタコントローラと

をさらに含む、請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

複数の燃料電池セグメントの各々の出力が一対の DC / DC コンバータに接続され、該一対の DC / DC コンバータの各々が前記インバータに設けられた互いに反対の極性のバスにそれぞれ接続される、請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

ある 1 つの伝導性バスに接続された DC / DC コンバータの故障に応答して、反対極性の伝導性バスに接続された DC / DC コンバータの電源を切断することを含む、請求項 4 に記載の前記システムの使用方法。

【請求項 6】

ある 1 つの伝導性バスに接続された一対の DC / DC コンバータのうちの 1 つの故障に応答して、総システム負荷が総故障前負荷と同じまま変わらないように、前記一対の DC / DC コンバータのうちの他方の出力電流を最大値まで増大し、該伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を、故障前電流よりも高く且つ該最大電流よりも低い値まで増大し、前記反対極性の伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を該故障前電流よりも低い値まで減少させることを含む、請求項 4 に記載の前記システムの使用方法。

【請求項 7】

ある 1 つの伝導性バスに接続された一対の DC / DC コンバータのうちの 1 つの故障に応答して、総システム負荷が総故障前負荷よりも低いように、該一対の DC / DC コンバータのうちの他方の出力電流を最大値まで増大し、該 1 つの伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を故障前電流と同一に維持し、前記反対極性の伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を該故障前電流よりも低い値まで減少させることを含む、請求項 4 に記載の前記システムの使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2010年10月25日出願の米国仮出願 61/406,265 号の利益を主張する。そして、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、しばしば「スタック」と称呼される単位にまとめられている。ここでは、燃料電池は、電気的に直列に接続されており、例えば、インタコネクトとして機能するガスセパレータプレートなどの導電性インタコネクトによって仕切られている。燃料電池スタックは、その終端に導電性のエンドプレートを備える。一般的な燃料電池スタックは、いわゆる燃料電池セグメントまたはコラムである。それは、直列に接続される 1 つ以上の

10

20

30

40

50

燃料電池スタック（例えば、あるスタックのエンドプレートが電気的に次のスタックのエンドプレートに接続されている）を備える。燃料電池セグメントまたはコラムは、セグメントまたはコラムから電力調整システムへ直流を出力する電気的リード線を備える。燃料電池システムは、1つ以上の燃料電池コラムを備える。各コラムは、例えば、固体酸化物形燃料電池スタックなどの1つ以上の燃料電池スタックを備える。燃料電池システムを形成する個々の燃料電池の数は、燃料電池システムが発生しようとする電力量に基づいた数である。例示的な燃料システムは、リップルキャンセルと題される特許文献1に記載され、その開示は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0003】

燃料電池は、電力調整システムとしても知られる燃料電池電力変換システムにおいて変換される電力を発生する。電力変換システムは、何らかの電源によって生成される電力の特性を変更するシステムである。これは、DC（直流）電力を発生する燃料電池の場合、DC電力を異なった（例えば、より高い）電圧および/または電流レベルに変換すること、特定の RMS（二乗平均）電圧を有する AC（交流）電力に変換すること、三相 AC 電力を発生すること、または上記のすべてを意味している。典型的には、DC電源の電圧レベルの変換は、DC/DC（直流/直流）コンバータを用いて達成される。これに対して、DCからACへの変換がDC/AC（直流/交流）コンバータまたはインバータを用いて達成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第7,705,490号

【特許文献2】米国出願第11/491,487号（2006年7月24日出願）

10

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

実施形態は、燃料電池システムにおけるアーキテクチャおよびインバータの動作方法を対象とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

第1実施形態では、インバータの構造および制御方法が提供される。そこでは、複合ネットワーク並列入出力インバータは、マスタコントローラによって単一のインバータアセンブリとして制御される。

【0007】

第2実施形態では、制御方法は、異なる電力レベルで複合的な負荷を供給する異なる電力容量を有する複合的なセグメントを備えた燃料電池システムに耐故障制御を用いる分割バスインバータアーキテクチャに対して、燃料電池出力を最大化する。

【0008】

第3実施形態では、制御方法は、複合的な負荷を供給する複合的なセグメントからの燃料電池電流を制御する。

40

[本発明1001]

燃料電池システムの複合ネットワーク並列入出力インバータを单一インバータアセンブリとしてマスタコントローラによって制御することを含む方法。

[本発明1002]

前記マスタコントローラが前記单一インバータアセンブリ内の個々のインバータの電力設定値およびオン/オフ状態を制御する本発明1001の方法。

[本発明1003]

前記单一インバータアセンブリ内の全ての前記インバータが複数の燃料電池スタックから同一の分割バスの直流（DC）入力を並列入力として受け取り、且つ共通の三相交流（AC）並列出力を負荷に対して出力する本発明1001の方法。

50

[本発明1004]

分割バスと、複数のインバータと、マスタコントローラとを具備し、
 複数の前記インバータからなる第1セットが前記分割バスの第1セグメントに割り当てられ、且つ複数の前記インバータからなる第2セットが前記分割バスの第2セグメントに割り当てられ、
 前記マスタコントローラが受信および送信を含む動作を前記マスタコントローラに実行させるソフトウェア実行可能命令で設定されたプロセッサを有し、
 前記受信は、複数の前記インバータの各々からの入力であって、各々が1つのインバータの劣化状態を示している入力の受信であり、
 前記送信は、複数の前記インバータからの前記入力に応答して、複数の前記インバータに各インバータを出力するように命令するコマンドおよび複数の前記インバータの特定の1つが「オン」または「オフ」状態にあるか否かを命令するコマンドの送信である燃料電池システムの管理システム。 10

[本発明1005]

複数の燃料電池セグメントと、複数のDC / DCコンバータと、少なくとも1つのDC / ACインバータとを具備し、各燃料電池セグメントの出力が一対のDC / DCコンバータに接続され、該一対のDC / DCコンバータの各々が前記インバータに設けられた互いに反対の極性のバスにそれぞれ接続される燃料電池システム。

[本発明1006]

ある1つの伝導性バスに接続されたDC / DCコンバータの故障に応答して、反対極性の伝導性バスに接続されたDC / DCコンバータの電源を切断することを含む本発明1005のシステムの使用方法。 20

[本発明1007]

ある1つの伝導性バスに接続された一対のDC / DCコンバータのうちの1つの故障に応答して、総システム負荷が総故障前負荷と同じまま変わらないように、前記一対のDC / DCコンバータのうちの他方の出力電流を最大値まで増大し、前記伝導性バスに接続された残りのDC / DCコンバータの出力電流を、故障前電流よりも高く且つ前記最大電流よりも低い値まで増大し、前記反対極性の伝導性バスに接続された残りのDC / DCコンバータの出力電流を前記故障前電流よりも低い値まで減少させることを含む本発明1005のシステムの使用方法。 30

[本発明1008]

ある1つの伝導性バスに接続された一対のDC / DCコンバータのうちの1つの故障に応答して、総システム負荷が前記総故障前負荷よりも低いように、前記一対のDC / DCコンバータのうちの他方の出力電流を最大値まで増大し、ある1つの前記伝導性バスに接続された残りのDC / DCコンバータの出力電流を前記故障前電流と同一に維持し、前記反対極性の伝導性バスに接続された残りのDC / DCコンバータの出力電流を故障前電流よりも低い値まで減少する本発明1005のシステムの使用方法。

[本発明1009]

複数の燃料電池セグメントと、複数のDC / DCコンバータと、これらDC / DCコンバータの分割バス出力に接続された少なくとも1つのDC / ACインバータと、複数のDC負荷と、を具備する燃料電池システムであって、複数の前記DC負荷の第1セットが前記分割バスの1つの伝導性バスにのみ接続され、複数の前記DC負荷の第2セットが前記分割バスの他方の伝導性バスにのみ接続されている燃料電池システム。 40

【図面の簡単な説明】【0009】

【図1】図1は、一実施形態に係る並列の入出力を備えたインバータのネットワークを示すブロック図である。

【0010】

【図2】図2は、一実施形態に係る9個のインバータのうち3個がオフ状態になるように命令されている並列の入出力を備えたインバータのネットワークを示すブロック図である 50

。

【0011】

【図3】図3は、典型的な分割バスインバータの構成を示すブロック図である。

【0012】

【図4】図4は、一実施形態に係る分割バスインバータの構成を示すブロック図である。

【0013】

【図5】図5は、燃料電池システムの負荷バランスを制御するアーキテクチャを示すブロック図である。

【0014】

【図6】図6は、一実施形態に係る負荷バランスアーキテクチャを示すブロック図である

10

。

【0015】

【図7】図7は、さらに一実施形態に係る方法の要素を示すブロック図である。

【図8】図8は、さらに一実施形態に係る方法の要素を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

複数のインバータが用いられる大規模なシステムでは、インバータを電源アプリケーションの特定の目的を達成するように、並列の入出力を備えたインバータ間の負荷のバランスをとるように、および、電力モジュールのアーキテクチャを機器の状態変化、負荷要求および他の要素に応じて変更するように制御することによって、システム全体の効率が改善される。

20

【0017】

第1実施形態

【0018】

本実施形態では、複合ネットワーク並列入出力インバータは、マスタコントローラによって単一のインバータアセンブリとして制御される。

【0019】

前記インバータが並列入出力インバータのネットワークから構成されている燃料電池システムでは、制御装置は、各インバータに負荷を確立するために設けられる。このような並列入力インバータを制御する装置がない場合、入力は並列化されない。入力が並列ではない場合、1つのインバータの故障によって、燃料電池システムの電力出力が($N - 1$)に制限されてしまう。

30

【0020】

典型的な燃料電池システムでは、インバータは、単一セットの負荷コマンドが与えられるモノリシック構造として扱われる。あるいは、燃料電池システムは、インバータ入力が共有されていない並列インバータの出力のみを利用する。この代替的アプローチでは、ネットワーク上の各インバータへの相対的電力コマンドが考慮される必要がない。

【0021】

図1は、実施形態に係る並列入力および並列出力を備えたインバータのネットワークを示すブロック図である。

40

【0022】

動作中のインバータマスタコントローラ102は、ネットワーク化されたインバータ#1~9(ブロック116~132)に電力コマンドを送信する。9個のインバータが示されているが、制御され得るインバータの数は、これに制限されるものではない。したがって、例えば、2~20個の別個のインバータがあつてもよい。インバータマスタコントローラ102は、一般もしくは特殊用途のコンピュータ、または、専用制御装置もしくは回路である。インバータマスタコントローラ102は、効率最適化ユニット104および電力出力計算ユニット106を備える。効率最適化ユニット104および電力出力計算ユニット106は、インバータマスタコントローラ102とは別個の装置または回路である。あるいは、それらは、コンピュータまたはインバータマスタコントローラ102に格納さ

50

れるアルゴリズムに基づいたソフトウェアまたはハードウェアである。インバータマスタコントローラ 102 は、全体の燃料電池システムを管理する燃料電池システム全体のコントローラ（理解しやすいように図示せず）から電力コマンド 108（例えば、電力設定値および電力要素設定値）および分割バス電圧値 110 を受信する。前記システムコントローラは、インバータマスタコントローラ 102 または異なるコンピュータもしくは装置と同じコンピュータもしくは装置を備える。システムコントローラがインバータマスタコントローラと同じコンピュータまたは装置を含む場合、電力コマンド 108 および電圧値 110 は、コンピュータまたは装置の内部を通じて伝達される。システムコントローラがインバータマスタコントローラ 102 と異なるコンピュータまたは装置を含む場合、コマンド 108 および電圧値 110 は、有線または無線または任意の好適な通信手段を用いて伝達される。

【0023】

インバータマスタコントローラ 102 は、各インバータ（ブロック 116～132）と有線または無線通信を行っている。インバータマスタコントローラは、インバータオン／オフコマンド 112 および電力設定値コマンド 114 を用いて個々のインバータの電力設定値およびオン／オフ状態を制御することができる。したがって、各インバータ 116～132 のオン／オフ状態および／または各インバータの電力設定値は、インバータ毎に異なっている場合がある。すべてのインバータ 116～132 は、（図 1 に図示しない）1 つ以上の燃料電池スタックまたはコラム（列）から同一の直流（DC）入力を受け取る。例えば、図 1 に示されるように、すべてのインバータ 116～132 は、特許文献 1 に記載されるように、並列入力としての正、負、および任意の中性線から同一の 400V 分割バス入力 134 を受け取る。全てのインバータ 116～132 は、400V 三相 AC 並列出力のような交流（AC）並列出力 136 を負荷へ出力する。

【0024】

インバータマスタコントローラ 102 は、効率最適化ユニット 104 を用いて特定のインバータをオンまたはオフすべきか否かを指示するためのインバータオン／オフコマンド 112 を送信する。

【0025】

インバータマスタコントローラ 102 は、バス電圧入力 110 に基づいてインバータへの分割バス入力 134 の状況を識別することができる。また、インバータマスタコントローラ 102 は、分割バス入力 134 が破綻しないように、インバータ 116～132 へのインバータオン／オフコマンド 112 および電力設定値コマンド 114 が制限されることを保証する。

【0026】

インバータマスタコントローラ 102 は、各インバータユニット 116～132 の劣化状態を示すインバータ 116～132 からの入力を受信する（インバータとインバータマスタコントローラ 102 との双方向接続は明示されていない）。

【0027】

効率最適化ユニット 104 は、演算される電力出力を評価し、効率を最適化するためにインバータのネットワークに対してオン・オフコマンドを提供する。例えば、負荷がフル負荷である場合、すべてのインバータの電源がオン状態である。負荷が最大設計負荷の 50% しかない場合、図 2 に示すように、いくつかのインバータ（例えば、ブロック 128～132 で示される 9 個のうち 3 個のインバータ）は、非動作の寄生インバータの割合を減らすため、インバータオン／オフコマンド 112 を用いて効率最適化ユニット 104 によって電源が切斷される。

【0028】

電力出力演算部 106 は、下記の 2 つの計算パラメータのうち小さい方を用いてインバータへの電力出力設定コマンドを決定し提供する。

a) 燃料電池システムを管理する統括的燃料電池システムコントローラからの出力コマンド 108

10

20

30

40

50

b) 分割バス 134 が破綻することなく維持される電力

電力出力演算部 106 は、各インバータの出力電力を設定するために各インバータに電力設定値コマンド 114 を提供する。

【0029】

インバータマスタコントローラ 102 が、ある 1 つのインバータの故障を検出した場合、それは、残りのインバータに新しい出力電力コマンド 112 および / または 114 を自動的に提供する。インバータの総数で割った負荷設定値がインバータモジュールの能力より低い場合、新たな最終状態において、各インバータが（1 つの故障したインバータを備えた）新規の設定値を実現するために、より多くの電力を獲得するように命令される。インバータの数で割った負荷設定値がインバータモジュールの定格に等しい場合、インバータマスタコントローラは、使用可能なシステム出力を低減し、セグメントの燃料電池への燃料入力が減少するように、システムコントローラにこの情報を送信する。

【0030】

一実施形態において、インバータのモジュール構造は、ブラインドメイトアセンブリで構成されてもよい。言い換えると、各インバータ 116 ~ 132 は、電力調整モジュールハウジング内のラックの別個の段に配設される。フィールドサービスマンは、故障したインバータを「ラックアウト」し、新しいインバータを「ラックイン」する。新しいインバータがマスタコントローラと通信すると、インバータマスタコントローラ 102 は、命令を実行し、インバータ間で従前の負荷共有状態を復元する。

【0031】

効率最適化ユニット 104 がいくつかのインバータ（例えば、インバータ 7、8 および 9）の電源を切断している状態にあるときにシステムがインバータ（例えば、インバータ 1 など）の損失を被るような事象では、効率最適化ユニット 104 は、インバータ 7 をオフ状態に保持するコマンドを破棄し、そのインバータを再起動し、そして同じ負荷供給状況を確立する。本実施形態は、図 2 に示される。

【0032】

別の実施形態では、システムコントローラは、出力コマンド 108 および分割バス電圧値 110 に加えて、インバータマスタコントローラ 102 へのパワー要素コマンドを提供する。インバータマスタコントローラ 102 は、電力設定値コマンド 114、およびインバータオン / オフコマンド 112 に加えて、各インバータモジュール（ブロック 116 ~ 132）への力率コマンドを受け渡す。

【0033】

別の実施形態において、図 1 および図 2 に示される要素は、グリッド照合なしに負荷をサポートするために接続される中断できない電力モジュール（UPM：無停電電力モジュール）内のインバータのネットワークに対して用いられる。この場合、インバータへのコマンドはわずかに異なる。

【0034】

マスタコントローラによって、サイン波が参照信号として生成される。インバータのネットワーク出力は、監視され、サイン波参照信号と比較される。PI コントローラ（図示せず）は、出力電圧と参照電圧との間の誤差を最小にするようにインバータへ送出される最新のコマンド値を演算する。入力バスが破綻を始め、入力バス電圧と出力バス電圧の両方が維持できなくなった場合、インバータマスタコントローラ 102 は、顧客負荷が電源を喪失した旨の警告および表示を提供するために全体のシステムコントローラに信号を送出する。その後、場合によっては、建物管理システム（BMS）は、上記方法によって建築物負荷の一部分の電源を切断できるようになる。

【0035】

第 2 実施形態

【0036】

本実施形態の制御方法は、耐故障制御を用いている分割バスインバータアーキテクチャに対する燃料電池出力を最大にする。

10

20

30

40

50

【0037】

図3は、典型的な分割バスインバータ構成を示すブロック図である。本構成において、任意のDC/DCコンバータを通って燃料電池セグメントからインバータへ供給される、「+ve Vdc bus」または「+ve bus」と表記される)正のバス上および(「-ve Vdc bus」または「-ve bus」と表記される)負のバス上の電力は、バランスのとれたインバータ負荷に対してバランスを保つべきである。図3に示されるように、燃料電池セグメント#1 302および燃料電池セグメント#2 304は、それぞれDC/DCコンバータ310および312を通じて+ve busに電力を供給する。一方、燃料電池セグメント#3 306および燃料電池セグメント#4 308は、それぞれDC/DCコンバータ314および316を通じて-ve busに電力を供給する。燃料電池セグメント#1が脆弱な場合、燃料電池セグメント#3および燃料電池セグメント#4から発生される電力は、同じ量だけ減少する。電力発生を最大にするためには、燃料電池セグメントが交換される必要がある。10

【0038】

図4に示される実施形態では、各燃料電池セグメント(ブロック302~308)は、2つのDC/DCコンバータ、+veバス上の1つの発生電流および-veバス上の1つの発生電流を有する。言い換えると、各燃料電池セグメント302~308の出力は、2つのDC/DCコンバータに接続されている。特定のセグメントを専任する一対のDC/DCコンバータの各々は、インバータ330に供給される反対極性のバスに接続される。例えば、セグメント#1 302の出力は、DC/DCコンバータ#1 310とDC/DCコンバータ#2 312とに分割される。コンバータ310の出力は、+veバスに供給され、コンバータ312の出力は、-veバスに供給される。他のセグメント304~308およびそれら専任の一対のDC/DCコンバータ314~324に対しても同じことが言える。+veバスおよび-veバスは、インバータ330に入力として供給される。インバータ330は、ACを出力する。インバータ330は、第1実施形態または公知の最適な複数または単一のインバータアセンブリを含んでもよい。図4には4個のセグメントが示されているが、任意の数のセグメント(例えば、2~20個、好適には6~12個のセグメント)であってもよい。さらに、特許文献1では、セグメントから個々のDC/DCコンバータへの正および負のリード線が供給されているが、本実施形態においては、一対のDC/DCコンバータ中の各DC/DCコンバータは、各セグメントから正負リード線双方の出力を受け取る。したがって、セグメント302からの正負リード線出力は、コンバータ310およびコンバータ312に供給される。20

【0039】

したがって、各燃料電池セグメント302~308の直流電流は、電力発生が他の燃料電池セグメントとは独立しているように個々に制御される。DC/DCコンバータは、燃料電池セグメントがその状況および劣化状態に基づいて取り出し得る最大電流を取り出すように命令される。ある1つのDC/DCコンバータが故障した場合、最大電力動作が得られるように他のDC/DCコンバータへの電流命令を再分配することによって、電力を最大にすることができる。30

【0040】

以下、特定の例示としての方法および具体例を参照して、図4に示された構成の動作を説明する。しかしながら、その説明は、限定を意図したものではない。40

【0041】

方法1

【0042】

ある1つの伝導性バス(例えば、+veまたは-ve)に接続されたDC/DCコンバータが故障した場合、反対極性の伝導性バス(例えば、-veまたは+ve)に接続されたDC/DCコンバータは、その故障を補償するために電源が切断される。例えば、正のバスに接続されたDC/DCコンバータ#1 310が故障した場合、負のバスに接続されたDC/DCコンバータ#2 312、DC/DCコンバータ#4 316、DC/DC50

C コンバータ # 6 320 または DC / DC コンバータ # 8 324 のいずれかの電源が切斷され、その電力を最大とし、全燃料電池セグメントを通じて同じ電流が流れるようする。DC / DC コンバータ # 2 は、その最大電流または負荷能力を増大せしめられる。

【0043】

方法 1 の例

【0044】

各 DC / DC コンバータの例示的負荷は 10 A であり、各 DC / DC コンバータの負荷能力は 15 A である。

【0045】

表 1 は、故障前（例えば、DC / DC コンバータ # 1 310 の故障前）のシステムの動作を示している。 10

【表 1】

【表1】

セグメント1 = DC/DC1 (10A) + DC/DC2 (10A) =	20A = 最大電流
セグメント2 = DC/DC3 (10A) + DC/DC4 (10A) =	20A = 最大電流
セグメント3 = DC/DC5 (10A) + DC/DC6 (10A) =	20A = 最大電流
セグメント4 = DC/DC7 (10A) + DC/DC8 (10A) =	20A = 最大電流
総負荷 =	80A = 最大電流 = 最大電力

20

【0046】

表 2 は、DC / DC 1 の故障後（すなわち、DC / DC コンバータ # 1 310 の故障後）の状況を示している。

【表 2】

30

【表2】

セグメント1 = DC/DC1 (故障) + DC/DC2 (15A) =	15A = 75%公称電流
セグメント2 = DC/DC3 (15A) + DC/DC4 (切斷) =	15A = 75%公称電流
セグメント3 = DC/DC5 (10A) + DC/DC6 (10A) =	20A = 公称電流
セグメント4 = DC/DC7 (10A) + DC/DC8 (10A) =	20A = 公称電流
総負荷 =	70A = 87.5%電流 = 87.5%電力

40

【0047】

方法 2

【0048】

方法 2 は、ある 1 つの伝導性バスに接続された一対の DC / DC コンバータのうちの 1 つの故障に応答して、この対の他方の DC / DC コンバータの出力電流を最大値まで増大させること、ある 1 つの伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を故障前電流よりも高く且つ最大電流よりも低い電流まで減少させること、反対極性の伝導性バスに接続された残りの DC / DC コンバータの出力電流を故障前電流よりも低く減

50

少させること、を含む。この場合、総システム負荷は、総故障前負荷と同じまま変わらない。

【0049】

DC / DCコンバータ # 1 310 が故障した場合、以下のステップが、DC / DCコンバータマスタコントローラ（図示せず）によって実行される。前記DC / DCコンバータマスタコントローラは、汎用または特殊用途のコンピュータ、専用装置または回路である。

【0050】

a) DC / DCコンバータ # 2 は、燃料電池セグメント # 1 302 に対して最大負荷をかけるために最大電流とされる。

10

【0051】

b) 要求される「正の」バス電力は、残りの「正の」バスのDC / DCコンバータ、つまり、DC / DCコンバータ # 3、# 5 および # 7（すなわち、314、318 および 322）に分割される。このことは、DC / DCコンバータ # 3、# 5 および # 7 を流れる公称電流よりも多い電流を要求し、且つ各DC / DCコンバータの最大出力によって制限される。

【0052】

c) DC / DCコンバータ # 2 312 は燃料電池セグメント # 1 302 からの負荷がかかっているので、負のバス上の残りのセグメント 304 ~ 308 のDC / DCコンバータ # 4、# 6 および # 8（すなわち、316、320 および 324）は、少し低めの設定でもって、許容量のまたは最大の電力に達する負荷を与えられる。各DC / DCコンバータ # 4、# 6 および # 8 の負荷に対する特定値は、（総電流目標 - DC / DCコンバータ # 2 からの電流）/ 3 に等しくなる。

20

【0053】

燃料電池システムは、燃料電池セグメント # 1 302 に供給されるが反応しない燃料を、他の3つのセグメントに分配するために燃料を再循環させる能力を有することが期待される。DC / DCコンバータ # 2 の最大定格電流が公称電流の2倍でないと、方法2によれば、あるセグメントの負荷がわずかに減少し、他のセグメントの負荷がわずかに増大する。例えば、その全体が参照により本明細書に組み込まれる特許文献2に記述されているように、アノード排気流を燃料電池スタック燃料入力流に戻す再循環（浄化有り、または無し）などの手段によって燃料が再分配される場合には、上記事例を成立させるための燃料流の増大が行われない。しかしながら、この分配が不十分である場合、この最大出力電力の事例を成立させるための燃料流の増大が行われる必要がある。このことは、電力設定値を維持しながら本モードで動作している間は、ユニットの動作効率が減少することを意味している。

30

【0054】

方法2の例

【0055】

各DC / DCコンバータの例示的な負荷は10アンペアであり、各DC / DCコンバータの負荷能力は15アンペアである。

40

【0056】

表3は、故障前（例えば、DC / DCコンバータ # 1 310 の故障前）のシステムの動作を示す。

【表3】

【表3】

セグメント1 = DC/DC1 (10A) + DC/DC2 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント2 = DC/DC3 (10A) + DC/DC4 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント3 = DC/DC5 (10A) + DC/DC6 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント4 = DC/DC7 (10A) + DC/DC8 (10A) =	20A =	公称電流
総負荷 =	80A =	最大電流 = 最大電力

10

【0057】

表4は、DC/DCコンバータ#1 310の故障後の動作を示す。

【表4】

【表4】

20

セグメント1 = DC/DC1 (故障) + DC/DC2 (15A) =	15A =	75%公称電流
セグメント2 = DC/DC3 (13.33A) + DC/DC4 (8.33A) =	21.67A =	108.33%公称電流
セグメント3 = DC/DC5 (13.33A) + DC/DC6 (8.33A) =	21.67A =	108.33%公称電流
セグメント4 = DC/DC7 (13.33A) + DC/DC8 (8.33A) =	21.67A =	108.33%公称電流
総負荷 =	80A =	最大電流 = 最大電力

30

【0058】

方法3

【0059】

燃料電池システムが全セル内で高精度の化学量論的状態を形成するアノード再循環手段またはその他の手段を有していない場合のように、すべての燃料電池セグメント電流が常に等しくなければならない場合には、DC/DCコンバータ#1が故障すると、以下のシナリオが実行される。

【0060】

DC/DCコンバータ2は、最大電流とされる。

【0061】

(上述したようにすべての燃料電池セグメント電流を等しくする場合、DC/DCコンバータ#3 + #4、#5 + #6および#7 + #8の電流は、DC/DCコンバータ#2の電流と等しくなければならない。)

40

【0062】

総燃料電池電流 = 4 × DC/DCコンバータ最大電流

【0063】

正のバス電流 = 4 × DC/DCコンバータ最大電流 / 2

【0064】

負のバス電流 = 4 × DC/DCコンバータ最大電流 / 2

【0065】

50

D C / D C コンバータ # 3、# 5 および # 7 = 正のバス電流 / 3 = $4 \times$ D C / D C コンバータ最大電流 / 2 / 3

【0066】

D C / D C コンバータ # 4、# 6 および # 8 = 負のバス電流 - D C / D C コンバータ 2 設定 / 3 = ($4 \times$ D C / D C コンバータ最大電流 / 2 - D C / D C コンバータ 2) / 3

【0067】

上記を一般化すると、1つの伝導性バスに接続された一対の D C / D C コンバータのうちの1つの故障に応答して、その対の他方の D C / D C コンバータの出力電流を最大値まで増大し、1つの伝導性バスに接続された残りの D C / D C コンバータの出力電流を故障前電流値と同じ値に維持し、そして、反対極性の伝導性バスに接続された残りの D C / D C コンバータの出力電流を故障前電流よりも低い値に設定する。本方法では、故障後総システム負荷は、総故障前負荷よりも小さくなる。

【0068】

方法 3 の例

【0069】

各 D C / D C コンバータの例示的な負荷は 10 アンペアであり、各 D C / D C コンバータの負荷能力は 15 アンペアである。

【0070】

表 5 は、故障前（例えば、D C / D C コンバータ # 1 ～ 3 1 0 の故障前）のシステムの動作を表す。

【表5】

セグメント1 = DC/DC1 (10A) + DC/DC2 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント2 = DC/DC3 (10A) + DC/DC4 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント3 = DC/DC5 (10A) + DC/DC6 (10A) =	20A =	公称電流
セグメント4 = DC/DC7 (10A) + DC/DC8 (10A) =	20A =	公称電流
総負荷 =	80A =	最大電流 = 最大電力

【0071】

表 6 は、D C / D C コンバータ # 1 ～ 3 1 0 の故障後の動作を表す。

10

20

30

【表6】

【表6】

セグメント1 = DC/DC1 (故障) + DC/DC2 (15A) =	15A =	75%公称電流
セグメント2 = DC/DC3 (10A) + DC/DC4 (5A) =	15A =	75%公称電流
セグメント3 = DC/DC5 (10A) + DC/DC6 (5A) =	15A =	75%公称電流
セグメント4 = DC/DC7 (10A) + DC/DC8 (5A) =	15A =	75%公称電流
総負荷 =	60A =	75%電流 = 75%電力

10

【0072】

一実施形態において、負荷の調整は、「オンザフライ」方式で（すなわち、燃料電池システム動作中に）実行される。

【0073】

一実施形態において、図4に示されたDC/DCコンバータは、「ブラインドメイト」アセンブリを経由してバックプレーンに接続される。DC/DCコンバータは、ラックまたは他の適切な筐体に配置される。好ましくは、DC/DCコンバータモジュールの前面部分には、配線を取り付けない。このように、故障したDC/DCコンバータモジュールを、他のDC/DCコンバータモジュールの動作を混乱させることなく取り除くことができる。ある1つのDC/DCコンバータが故障したとき、DC/DCコンバータマスタコントローラは、前述のように方法1、2または3のいずれかによって電流値を変更する。DC/DCコンバータが交換され、再び電源が入ると、DC/DCコンバータは、これを検出し、適切な動作を復元する。前記交換は、燃料電池システムが動作中かつ負荷に電流を供給している間、サービスマンによって実行される。

20

【0074】

一実施形態において、DC/DCコンバータの故障に適用されるような前述のロジックと例もまた、一般化され、脆弱なまたは故障したスタックセグメント（スタックコラム）に適用される。残りのセグメントの電流運搬能力は、本明細書で述べられた方法ごとに要求されるように変更される。

30

【0075】

一実施形態において、前述したロジックは、燃料電池セグメントに適用され、且つ複数のホットボックスの構成に適用される。本実施形態において、複数のホットボックスは、燃料電池システムの電力を最適化可能なDC並列アーキテクチャで構成される。言い換えると、各セグメント302～308は、1つ以上のセグメントを含む独立したホットボックスを表している。そして、ホットボックスの電気出力は、同一のインバータに接続される。

40

【0076】

第3実施形態

【0077】

図5は、燃料電池システム中の負荷バランスを制御している1つのアーキテクチャを示すブロック図である。分割バス上の負荷は、DC BOP (balance of plant) 負荷1(506)および負荷2(508)（例えば、燃料電池システム燃料または空気プロワ）によってバランスがとられている。言い換えると、DC負荷506と508との双方は、図4に示される分割バス上の+veおよび-veバスに接続される。あるいは、任意の付加的なDC/DCコンバータA(502)およびB(504)が分割バス

50

と D C 負荷 1 および 2 (5 0 6 および 5 0 8) との間に付加される。例えば、 D C / D C コンバータ A 5 0 2 は、 + v e バスに接続され、 D C / D C コンバータ B 5 0 4 は - v e バスに接続される。 D C / D C コンバータ A および B (5 0 2 および 5 0 4) の D C 出力は、統合され、統合された D C 出力は、 D C 負荷 1 および 2 (5 0 6 および 5 0 8) に供給される。

【 0 0 7 8 】

負荷 1 および 2 が適切な制御がなされずバランスしていない（等しくない）場合、燃料電池セグメントには完全には負荷がかからない。したがって、燃料の利用が減少し、その結果効率が低下してしまう。

【 0 0 7 9 】

10

図 6 は、実施形態に基づく負荷バランスアーキテクチャを示すブロック図である。

【 0 0 8 0 】

本実施形態の制御方法は、燃料電池セグメント電流を分割バス上の B O P 負荷 6 0 6 と 6 0 8 とに比例的に分割し、それによって、分割バス上で動作するインバータ 3 3 0 が燃料電池セグメントから利用可能な最大の電力を転送できるようにする。そのために、図 6 に示されるように、ある 1 つの D C 負荷 6 0 6 は、 + v e バスに接続され、他の D C 負荷 6 0 8 は、 - v e バスに接続される。これを一般化すると、例えば、 B O P 負荷 6 0 6 および 6 0 8 などの複数の D C 負荷を含む燃料電池システムにおいて、第 1 のセットの D C 負荷は、分割バスの 1 つの伝導性バスのみと接続される。さらに、第 2 のセットの D C 負荷（例えば、残りの D C 負荷の一部または全部）は、分割バスの他の伝導性バスのみと接続される。必要に応じて、第 3 のセットの D C 負荷は、図 5 に示されるように両方のバスに接続される。

20

【 0 0 8 1 】

本実施形態の 1 つの要素によれば、負荷要求は、総燃料電池セグメント電流コントローラおよび電圧ループ P I コントローラを用いて検出される。

【 0 0 8 2 】

図 7 および図 8 は、本実施形態にしたがった方法の要素を示すブロック図である。

【 0 0 8 3 】

図 7 および図 8 によれば、分割バスに接続される負荷に対し、分割バス電圧を制御する 2 つの電圧ループが存在する。比例 / 積分 (P I) コントローラは、外側の電圧ループおよび内側の電流ループを制御するために利用される。総燃料電池セグメント電流ループは、総燃料電池セグメント電流を制御する。図 7 によれば、 D C 参照電圧は、コンパレータ 7 0 4 によって、（その時点で D C / D C コンバータ 1 7 2 0 の出力に等しい） D C 正帰還電圧と比較される。そして、コンパレータは、2 つの入力間の差分量を測定する。コンパレータ 7 0 4 の出力に伝達関数が適用される。

30

【 0 0 8 4 】

D C / D C コンバータ # 1 7 2 0 および D C / D C コンバータ # 2 7 5 0 双方への入力電流は、加算器 7 0 8 によって加算される。総電流は、コンパレータ 7 0 6 によって、セグメントから命令された電流と比較される。さらに、前記コンパレータは、2 つの入力間の差分量を測定する。コンパレータ 7 0 6 の出力に伝達関数が適用される。

40

【 0 0 8 5 】

D C / D C コンバータ # 1 7 2 0 (D C / D C コンバータ # 2 7 5 0 は、 D C / D C コンバータ # 1 7 2 0 と同じ手順で動作するので、個別には説明しない) のブロック図によれば、コンパレータ 7 1 2 は、（適切な伝達関数の適用後の）コンパレータ 7 0 4 および 7 0 6 の出力を受け取って、2 つの出力のうち小さい方を特定する。コンパレータ 7 1 2 の出力は、 D C / D C コンバータ # 1 7 2 0 への電流コマンド入力として、コンパレータ 7 2 2 に適用される。コンパレータ 7 2 2 は、2 つの入力間の差分量を算出する。コンパレータ 7 2 2 は、（その時点で D C / D C コンバータ # 1 7 2 0 の電流入力に等しい）帰還電流と電流コマンド入力とを比較する。コンパレータ 7 2 2 の出力に伝達関数が適用される。

50

【0086】

DC 参照電圧は、コンパレータ 724 によって、（その時点での DC / DC コンバータ #1 720 の出力に等しい）DC 正帰還電圧と比較される。さらに、そのコンパレータは、2つの入力間の差分量を算出する。コンパレータ 724 の出力に伝達関数が適用される。コンパレータ 726 は、（適切な伝達関数の適用後の）コンパレータ 722 および 724 の出力を受け取り、2つの入力の低い方を特定する。コンパレータ 726 の出力は、コンパレータ 728 および 730 に適用される。コンパレータ 728 もまた、DC / DC コンバータ #1 720 のチャンネル A から帰還電流を受け取る。コンパレータ 728 は、2つの入力間の差分量を算出する2つの入力を比較する。同様に、コンパレータ 730 は、DC / DC コンバータ #1 720 のチャンネル B から帰還電流を受け取る。コンパレータ 730 は、2つの入力間の差分量を算出する。コンパレータ 730 の出力に伝達関数が適用される。10

【0087】

コンパレータ 728 および 730 の出力は、ピーク電流コントローラ 732 および 736 にそれぞれ供給される。ピーク電流コントローラは、コンパレータ 734 および 738 をそれぞれ操作する。コンパレータ 734 は、（伝達関数の適用後の）コンパレータ 728 の出力、ランプ比較信号およびチャンネル A の帰還電流を受け取り、コンパレータ 728 の出力と前記2つの入力との間の差分量を算出する。コンパレータ 738 は、（伝達関数の適用後の）コンパレータ 730 の出力、ランプ比較信号およびチャンネル B の帰還電流を受け取り、コンパレータ 730 の出力と2つの入力との間の差分量を算出する。ピーク電流コントローラ 732 および ピーク電流コントローラ 736 の出力は、DC / DC コンバータ #1 プラントモデル 740 によって受信される。DC / DC コンバータ #1 プラントモデル 740 の出力は、前記種々のコンパレータに使用される DC (直流) 正帰還電圧である。20

【0088】

各 DC / DC コンバータに対する入力電流コマンドとして、電圧ループ PI および燃料電池セグメント電流ループ PI の最小値が設けられている。総負荷要求が総燃料電池セグメント電流コマンドよりも低い場合には、個々の電圧ループ PI は、負荷要求が確実に満たされるように燃料電池セグメント電流を分配する。一方、総負荷要求が総燃料電池セグメント電流コマンドよりも高く、-ve バス負荷が +ve バス負荷よりも低い場合には、-ve 電圧ループ PI は、-ve バスに接続される負荷への供給が必要とされる燃料電池セグメント電流を流すよう命令し、総燃料電池セグメント電流の PI ループは、DC / DC コンバータ #1 によって +ve バスに接続される負荷へ供給される電流を決定する。n 個の燃料電池セグメントがある場合、1つの燃料電池セグメントが負荷電圧を維持する電圧ループに割り当てられている間、本制御方法は、(n - 1) 個の燃料電池セグメントのすべてに適用される。30

【0089】

図 8 は、4 個の燃料電池セグメントに対する制御方法を表している。DC / DC コンバータ #1 720 および DC / DC コンバータ #2 750 は、図 7 に詳細に示されている。DC / DC コンバータ #3、#5 および #7 は、正のバスに接続され、DC / DC コンバータ #1 720 と等価である。DC / DC コンバータ #4、#6 および #8 は、負のバスに接続され、DC / DC コンバータ #2 750 と等価である。図 8 は、4 つの燃料電池セグメントに対する制御方法を表しているが、本方法は、これが限界ではなく、任意の数の燃料電池セグメントおよび任意の数の燃料電池システムにまで拡張し得る。40

【0090】

本方法は、注意深く負荷のバランスを取ることなく、分割バスアーキテクチャの 1 つまたは他のバスに配置される計画負荷のバランスを提供する。そして、最大電流が燃料電池スタックから取り出し可能であることを保証する。本能力がない場合、各 DC / DC コンバータおよびスタック燃料電池セグメントに対する最大出力電流設定は、達成されない。

【0091】

多くの実施形態が上で述べられたが、任意の実施形態の各々の特徴またはステップも、任意の適切な組合せにおける1つ以上の実施形態の1つ以上の特徴またはステップを有する組合せで用いられる。

【0092】

前述の方法の説明およびプロセスフロー図は、実例としてのみ提供され、種々の実施形態のステップは、述べられた順序に実行されなければならないということを意図されるものでも要求するものでもない。当業者によって理解されるように、前述の実施形態におけるステップの順序は、任意の順序で実行されてもよい。さらに、「その後」、「それから」、「次に」等のような単語は、ステップの順番を限定することを意図していない。これらの単語は、単に本方法の説明を通して読者をガイドするために用いられる。

10

【0093】

1つ以上のブロック／フロー図を、例示的な実施形態の説明に使用した。こうしたブロック／フロー図の使用は、実行する動作の順序を制限することを意図するものではない。例示的な実施形態の前述の説明は、例示および説明の目的で提示したものである。それは、網羅的または開示された厳密な形態に対して限定することを意図しておらず、変更および変形は、上記示唆に照らして可能であり、または開示された実施形態の実施から得ることができる。本発明の範囲は、本明細書に添付の特許請求の範囲およびそれらと均等のものによって定義されることが意図されている。

【0094】

制御要素は、特定の機能を実行する命令でプログラムされたプロセッサ、メモリおよび他のコンポーネントを含む計算装置（コンピュータなど）を用いて実装される。あるいは、特定の機能を実行するように設計されたプロセッサに実装される。プロセッサは、様々な機能を実行するソフトウェア命令（アプリケーション）によって構成される任意のプログラマブルマイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または、並列的なプロセッサチップまたは複数のチップである。上記機能は、本明細書に詳述される様々な実施形態の機能を含んでいる。いくつかの計算装置において、並列的なプロセッサが提供される。典型的には、ソフトウェアアプリケーションは、それらがプロセッサにアクセスされロードされる前に内部メモリに格納される。いくつかの計算装置では、プロセッサは、アプリケーションソフトウェア命令を格納するのに十分な内部メモリを含んでいる。

20

【0095】

本明細書に開示された実施形態に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路およびアルゴリズムステップは、電子機器、コンピュータソフトウェア、または双方の組合せとして実装される。このハードウェアおよびソフトウェアの互換性を明確に図示するために、様々な図示されたコンポーネント、ブロック、モジュール、回路およびステップは、それらの機能性に関して上述されている。このような機能がハードウェアまたはソフトウェアとして実装されているかどうかは、特定のアプリケーションおよびシステム全体に課せられた設計制約に依存する。当業者は、各特定のアプリケーションのために様々な方法で前述の機能を実装するが、このような実装決定は、本発明の範囲からの逸脱を引き起こすと解釈されるべきではない。

30

【0096】

本明細書に開示された態様に関連して説明された様々な例示的な論理、論理ブロック、モジュール、および回路を実装するために使用されるハードウェアは、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）または他のプログラマブルロジックデバイス、ディスクリートゲートまたはトランジスタロジック、ディスクリートハードウェア部品、あるいは本明細書に記載の機能を実行するように設計された任意の組合せを用いて実装または実行されてもよい。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサであってもよいが、代わりに、任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、あるいはストレートマシンであってもよい。また、プロセッサは、計算装置の組合せ、例えば、DSPとマイクロプロセッサ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連動した1つ以上のマイクロ

40

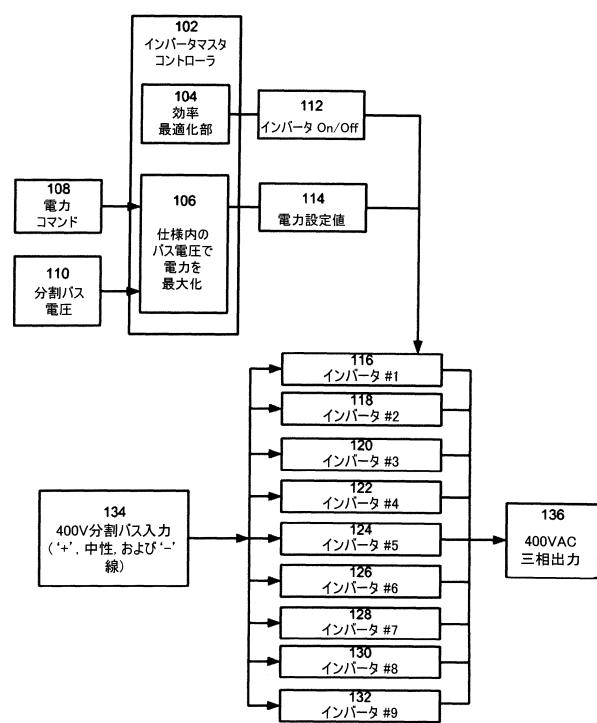
50

プロセッサ、または任意の他の構成であってもよい。あるいは、いくつかのブロックまたは方法は、与えられた機能に特定された回路によって実行される。

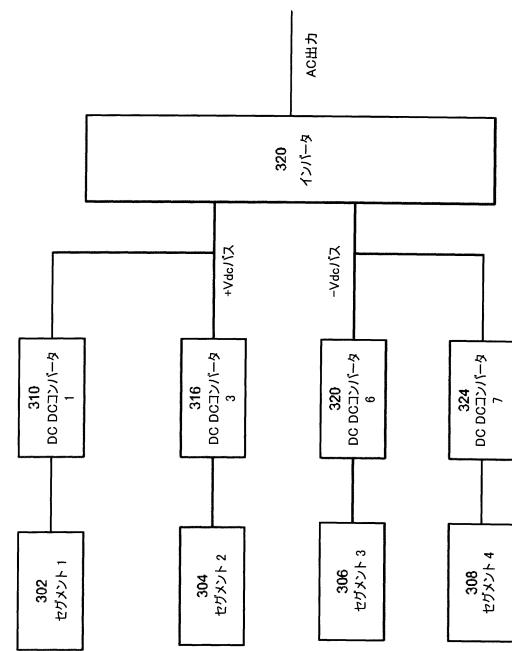
【0097】

開示された実施形態の前述の説明は、本説明の実施形態を任意の当業者も製作または使用できるように提供される。これらの実施形態に対する様々な変更は、当業者に容易に明らかになり、本明細書で定義した一般原理は、本開示の範囲から逸脱することなく他の実施形態に適用することができる。したがって、本発明は、本明細書に示された実施形態に限定することを意図したものではなく、以下の特許請求の範囲および本明細書に開示された原理および新規な特徴と一致する最も広い範囲を与えられるべきである。

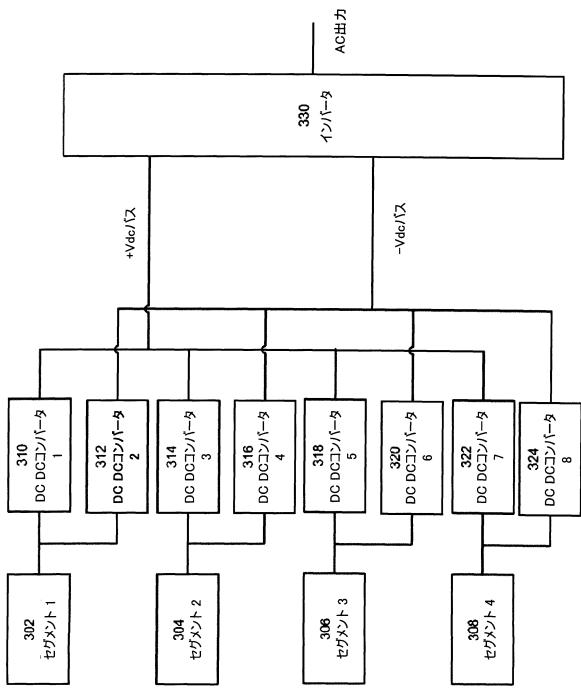
【図1】



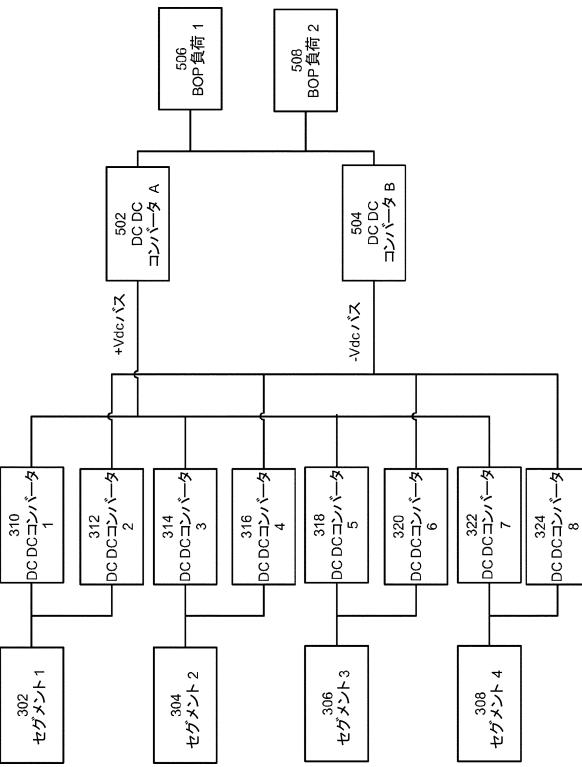
【図3】



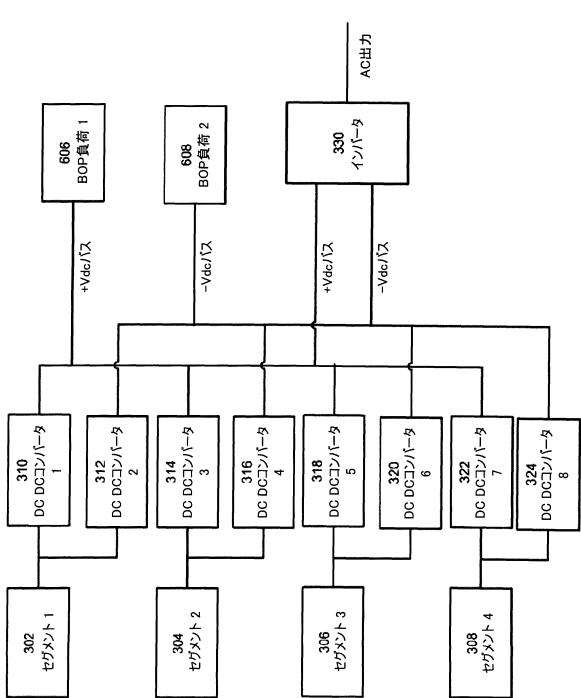
【図4】



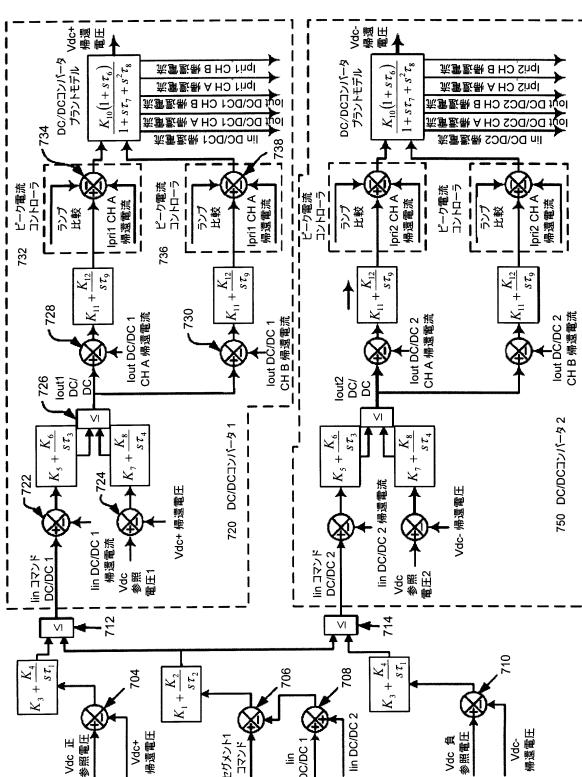
【図5】



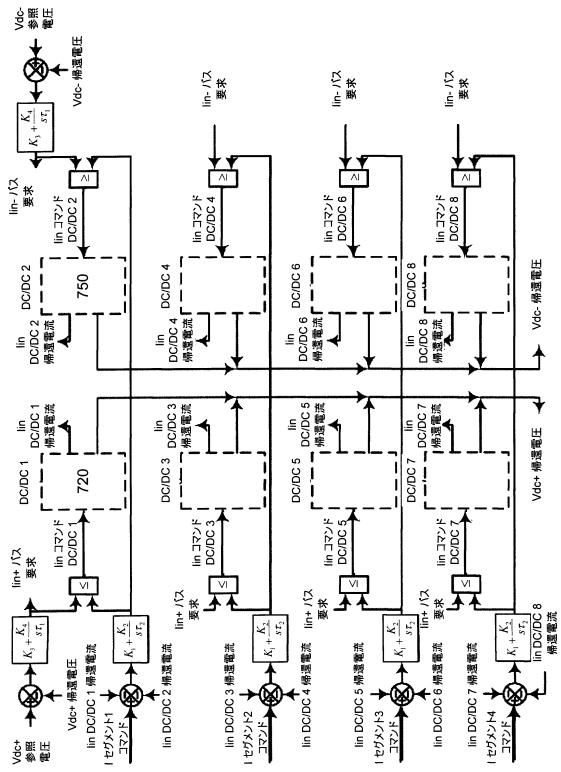
【図6】



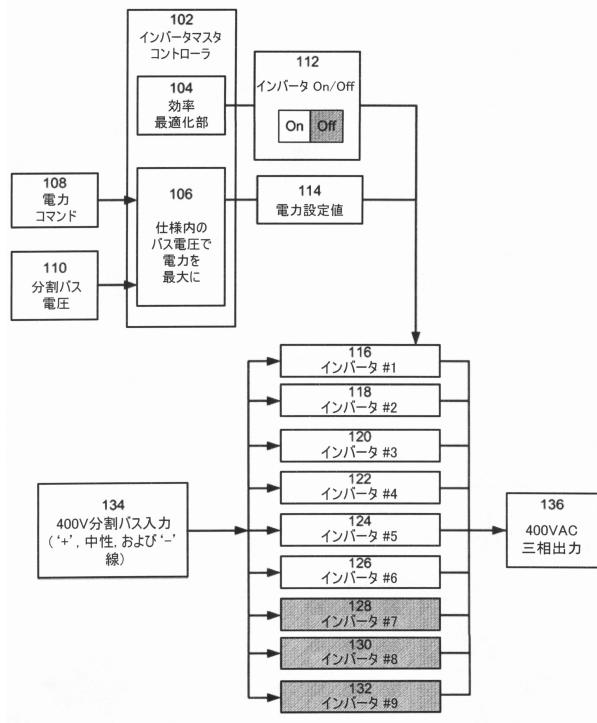
【図7】



【 义 8 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(74)代理人 100148699
弁理士 佐藤 利光

(74)代理人 100128048
弁理士 新見 浩一

(74)代理人 100129506
弁理士 小林 智彦

(74)代理人 100114340
弁理士 大関 雅人

(74)代理人 100114889
弁理士 五十嵐 義弘

(74)代理人 100121072
弁理士 川本 和弥

(72)発明者 グルナサン ランガナサン
アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 12
99 ブルーム エナジー コーポレーション内

(72)発明者 バランティン アーン
アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 12
99 ブルーム エナジー コーポレーション内

(72)発明者 アナンド アイスール ゴバラクリシュナン ヴィシャル
アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 12
52 ブルーム エナジー コーポレーション内

(72)発明者 ナラヤナサミイ サラヴァナクマール
アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 12
99 ブルーム エナジー コーポレーション内

(72)発明者 ラオ コダリ ヴェンカタ ナラシムハ
アメリカ合衆国 94089 カリフォルニア州 サニーベイル オーリーンズ ドライブ 12
99 ブルーム エナジー コーポレーション内

審査官 小林 紀和

(56)参考文献 特開2006-333625(JP, A)
特開平09-275637(JP, A)
特開2007-288996(JP, A)
米国特許出願公開第2008/0280175(US, A1)
特表2000-513560(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H02M 7/48
H01M 8/04858
H01M 8/12