

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6411496号  
(P6411496)

(45) 発行日 平成30年10月24日 (2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日 (2018.10.5)

|                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| (51) Int. Cl.               | F I                   |
| <b>H02J 1/00 (2006.01)</b>  | <b>H02J 1/00 304E</b> |
| <b>H01M 8/00 (2016.01)</b>  | <b>H01M 8/00 A</b>    |
| <b>H01M 8/04 (2016.01)</b>  | <b>H01M 8/04 Z</b>    |
| <b>H02J 7/00 (2006.01)</b>  | <b>H02J 7/00 303E</b> |
| <b>B60L 11/18 (2006.01)</b> | <b>B60L 11/18 G</b>   |
| 請求項の数 13 (全 13 頁) 最終頁に続く    |                       |

|               |                               |           |                                   |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2016-528602 (P2016-528602)  | (73) 特許権者 | 504175659                         |
| (86) (22) 出願日 | 平成26年7月21日 (2014.7.21)        |           | インテリジェント エナジー リミテッド               |
| (65) 公表番号     | 特表2016-527860 (P2016-527860A) |           | I N T E L L I G E N T E N E R G Y |
| (43) 公表日      | 平成28年9月8日 (2016.9.8)          |           | L I M I T E D                     |
| (86) 国際出願番号   | PCT/GB2014/052225             |           | イギリス国 エルイー11 3ジービー                |
| (87) 国際公開番号   | W02015/011458                 |           | レスターシャー ラフバラー アシュビー               |
| (87) 国際公開日    | 平成27年1月29日 (2015.1.29)        |           | ロード ホリウエル パーク チャーン                |
| 審査請求日         | 平成29年7月10日 (2017.7.10)        |           | ウッド ビルディング                        |
| (31) 優先権主張番号  | 1313031.5                     | (74) 代理人  | 110001195                         |
| (32) 優先日      | 平成25年7月22日 (2013.7.22)        |           | 特許業務法人深見特許事務所                     |
| (33) 優先権主張国   | 英国 (GB)                       |           |                                   |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スイッチングコントローラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の電圧源のうちの1つを負荷に結合するためのスイッチングコントローラであって、前記複数の電圧源のうちの1つは燃料電池スタックであり、前記スイッチングコントローラは、

前記燃料電池スタックの特性を受け取り、

前記複数の電圧源のそれぞれについて、前記電圧源が前記負荷に接続される制御信号のスイッチング期間の割合を設定するように構成され、前記スイッチング期間は固定され、前記スイッチング期間の割合は、前記燃料電池スタックの前記受け取られた特性に基づいて設定され、前記スイッチングコントローラは、さらに、

前記負荷に供給されるスイッチング期間にわたる平均エネルギー量が前記燃料電池スタックと前記複数の電圧源の残りとの間で分担されるように、前記制御信号および前記設定された割合に従って、前記複数の電圧源のうちのいずれが前記負荷に接続されるかを制御するように構成される、スイッチングコントローラ。

【請求項 2】

前記燃料電池スタックの前記受け取られた特性は、スタック電圧、前記燃料電池スタック内の1つ以上の燃料電池の電圧、スタック電流、スタック温度、および燃料電池スタック燃料圧のうちの1つ以上の関数である、請求項1に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 3】

前記スイッチング期間の周波数は、1 k H z 未満である、請求項1または2に記載のス

スイッチングコントローラ。

【請求項 4】

前記スイッチング期間の周波数は、100Hz未満である、請求項1～3のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 5】

前記複数の電圧源のうちの1つは、バッテリーである、請求項1～4のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 6】

前記複数の電圧源のうちの別の1つは、バッテリー充電器を介して前記電圧源の出力に接続されるバッテリーであり、

前記スイッチングコントローラは、前記燃料電池スタックが所定の電圧設定点よりも大きい電圧を発生させる場合に、

前記燃料電池スタックから取り出される電流を増大させ、

前記燃料電池スタックから取り出された前記増大された電流を使用して、前記出力から前記バッテリー充電器へ電流を供給するように構成される、請求項1に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 7】

前記制御信号に従って前記負荷に接続された前記複数の電圧源から電力を受け取り、

前記受け取られた電力を出力するために単一のDC-DCコンバータが提供されている、請求項1～6のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 8】

前記複数の電圧源のそれぞれについて、スイッチが、関連付けられる電圧源と前記負荷との間に結合され、各スイッチは、前記制御信号に従って前記関連付けられた電圧源を前記負荷に接続するように構成される、請求項1～7のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 9】

各スイッチは、電界効果トランジスタスイッチである、請求項8に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 10】

特定の電圧源に割り当てられた前記スイッチング期間の前記割合の間、前記スイッチングコントローラは、前記特定の電圧源のみを前記負荷に接続するように構成される、請求項1～9のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラ。

【請求項 11】

複数の電圧源と、

請求項1～10のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラとを備える、ハイブリッド電圧源。

【請求項 12】

請求項1～10のいずれか1項に記載のスイッチングコントローラを備える車両。

【請求項 13】

複数の電圧源のうちの1つを負荷に結合するためのスイッチングコントローラを動作させる方法であって、前記複数の電圧源のうちの1つは燃料電池スタックであり、前記方法は、

前記複数の電圧源のそれぞれについて、前記電圧源が前記負荷に接続される制御信号のスイッチング期間の割合を設定することを含み、前記スイッチング期間は固定され、前記スイッチング期間の割合は、前記割合が前記燃料電池スタックの受け取られた特性に基づいて設定され、前記方法は、さらに、

前記負荷に供給されるスイッチング期間にわたる平均エネルギー量が前記燃料電池スタックと前記複数の電圧源の残りとの間で分担されるように、前記制御信号および前記設定された割合に従って前記複数の電圧源のうちのいずれが前記負荷に接続されるかを制御することを含む、方法。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、複数の電圧源間の切り替えを行うためのスイッチングコントローラに関し、排他的にはないが具体的には、ハイブリッド電圧源内の燃料電池スタックとバッテリーとの間の切り替えを行うためのスイッチングコントローラに関する。具体的には、本発明は、第1の電圧源としての燃料電池スタック及び少なくとも1つの他の電圧源ならびにスイッチングコントローラを備えるハイブリッド電圧源システム、このスイッチングコントローラを含む車両、ならびにスイッチングコントローラを動作させるための方法に関する。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

ハイブリッド電圧源が、負荷に給電するために使用され得る。ハイブリッド電圧源は、1つ以上の燃料電池スタック及びバッテリー等の複数の電源を有するシステムと考えられ得る。ハイブリッド化は、電圧源／電源の間で、例えば燃料電池スタックと搭載バッテリーとの間で切り替えを行う能力を使用する。

## 【0003】

燃料電池スタック及びバッテリーをハイブリッド化することは、負荷に電力を提供するための有用な戦略となり得、いくつかの方法で行われ得る。燃料電池／バッテリーのハイブリッド電圧源において、ハイブリッド化は、燃料電池スタックと外部装置／負荷に供給されている電力との管理を可能にする。それは、電力負荷の少なくとも一部を燃料電池スタックからバッテリーへ移動させること、及びその逆を行うことを可能にする。各源から取り出される電力は、外部装置／負荷へ電力を供給するために各源が回路内に接続される時間の総百分率に依存する。

20

## 【0004】

しばしば、このようなハイブリッド燃料電池／バッテリーシステムでは、バッテリーは、システムの起動及び高ピーク負荷のために使用され、燃料電池スタックは、基本負荷を供給するためまたはバッテリーを再充電するために運転される。バッテリーと燃料電池スタックとの間の電力分担は、2つの電圧源のための双方向DC-DCコンバータまたは1対のDC-DCコンバータを使用することで実現され得る。しかしながら、これらの選択肢は、実現するには高価であり得、専門的な工学技術を必要とし得る。

30

## 【発明の概要】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明の第1の態様によれば、複数の電圧源のうちの1つを負荷に結合するためのスイッチングコントローラが存在する。スイッチングコントローラは、複数の電圧源のうちの1つの特性を受け取るように構成される。複数の電圧源のそれぞれについて、スイッチングコントローラは、電圧源が負荷に接続される制御信号のスイッチング期間の割合を設定するように構成され、スイッチング期間の割合は、複数の電圧源のうちの1つの受け取られた特性に基づいて設定される。スイッチングコントローラはまた、制御信号に従って複数の電圧源のうちのいずれが負荷に接続されるかを制御するように構成される。

40

## 【0006】

有利には、スイッチング期間にわたって、制御信号は、電圧源が、設定されたスイッチング期間の時間割合の間負荷に接続されるように、電圧源間の切り替えを行う。したがって、電圧源のうちの1つは、スイッチング期間の20%の時間部分の間接続され得る一方で、他方の電圧源（2源システムの場合）は、スイッチング期間の残り80%の時間部分の間接続され得る。

## 【0007】

複数の電圧源のうちの1つは、燃料電池スタックであってもよい。有利には、スイッチングコントローラは、1つ以上の燃料電池スタックと1つ以上の他の電圧源とを備えるハ

50

イブリッド電圧源システムにおいて使用され得る。

【 0 0 0 8 】

複数の電圧源のうちの1つは、燃料電池スタックであってもよく、燃料電池スタックの受け取られた特性は、スタック電圧、燃料電池スタック内の1つ以上の燃料電池の電圧、燃料電池スタック電流、燃料電池スタック温度、及び燃料電池スタック燃料圧のうちの1つ以上の関数であってもよい。有利には、これらのパラメータのうちの1つ以上は、コントローラによって受け取られ、電圧源システム内の各電圧源のスイッチング期間の割合を設定するために使用され得る。したがって、割合は、電圧源システム内の燃料電池スタック（電圧源）のうちの1つ以上から受け取られたフィードバックに基づいて、スイッチングコントローラによって設定され得る。

10

【 0 0 0 9 】

スイッチング期間の周波数は、1 kHz未満であってもよい（すなわち、スイッチング期間は、1ミリ秒超であってもよい）。スイッチング期間の周波数は、500 Hz未満であってもよい（すなわち、スイッチング期間は、2ミリ秒超であってもよい）。スイッチング期間の周波数は、200 Hz未満であってもよい（すなわち、スイッチング期間は、5ミリ秒超であってもよい）。スイッチング期間の周波数は、実質的に100 Hzであってもよい（すなわち、スイッチング期間は、実質的に10ミリ秒であってもよい）。スイッチング期間の周波数は、100 Hz未満であってもよい（すなわち、スイッチング期間は、10ミリ秒超であってもよい）。

【 0 0 1 0 】

20

10 kHzのスイッチング周波数で動作するシステムと比較すると、電圧源間の切り替えによるエネルギー損失は、1 kHz未満で動作する場合はそのエネルギー損失の10分の1未満、500 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー損失の5%未満、200 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー損失の2%未満、およそ100 Hzで動作する場合はそのエネルギー損失のおよそ1%、及び100 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー損失の1%未満に低減され得る。

【 0 0 1 1 】

システム内の電圧源のうちの1つが燃料電池スタックであり、他の電圧源がより高い電圧で動作する場合、スタックと他の電圧源との間の切り替えは、電流/エネルギーを燃料電池スタックへ逆流させ得、これは、スタックを劣化させ得る。10 kHzのスイッチング周波数で動作するシステムと比較すると、電圧源間の切り替えによる燃料電池スタックへのエネルギー逆流は、1 kHz未満で動作する場合はそのエネルギー逆流の10分の1未満、500 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー逆流の5%未満、200 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー逆流の2%未満、実質的に100 Hzで動作する場合はそのエネルギー逆流のおよそ1%、及び100 Hz未満で動作する場合はそのエネルギー逆流の1%未満に低減され得る。

30

【 0 0 1 2 】

複数の電圧源のうちの1つは、バッテリーであってもよい。したがって、有利には、スイッチングコントローラは、電力供給システム内の電圧源としてバッテリーを備えるハイブリッド電圧源システムとともに使用され得る。

40

【 0 0 1 3 】

複数の電圧源のうちの1つは、燃料電池であってもよく、複数の電圧源のうちの別の1つは、充電器を介して電圧源の出力に結合されるバッテリーであってもよい。スイッチングコントローラは、燃料電池スタックが所定の電圧設定点より大きい電圧を発生させる場合に、燃料電池スタックから取り出される電流を増大させ、燃料電池スタックから取り出された増大された電流を使用して出力からバッテリー充電器へ電流を供給するように構成され得る。したがって、有利には、スイッチングコントローラは、燃料電池スタック電圧源によって発生させられた余剰電流を使用してシステム内のバッテリー電圧源を再充電することによって、ハイブリッド電圧源システムを制御し得る。これは、有利には、負荷に給電するために必要な電流に対して余剰な電流を発生させる燃料電池の能力を利用し、そ

50

の過剰電流を使用してバッテリー電圧源を再充電する。このように燃料電池からの電流を使用してバッテリーを再充電することは、「積極的充電」と呼ばれ得る。燃料電池が負荷に完全に給電するのに十分な電流を提供することができない場合、バッテリーは、必要な電流の残りを提供するために、スイッチング期間の一部の間回路負荷に接続させ得る。このように電圧源間で電流供給機能を分担させることは、「バッテリー混合」と呼ばれ得る。

【 0 0 1 4 】

制御信号に従って負荷に接続された複数の電圧源から電力を受け取り、受け取った電力を出力するために、単一のDC-DCコンバータが提供され得る。有利には、電力供給システム内の複数の電圧源のそれぞれから電流を受け取るように構成された単一のDC-DCコンバータを使用すると、ハイブリッド電圧源システムは、費用効果的に製造され得る。

10

【 0 0 1 5 】

複数の電圧源のそれぞれについて、スイッチが、関連付けられる電圧源と負荷との間に結合され得る。各スイッチは、制御信号に従って関連付けられた電圧源を負荷に接続するように構成され得る。有利には、スイッチングコントローラは、各電圧源を回路内または回路外へと切り替えて負荷へ給電するために、制御信号を各スイッチに送信し得る。各スイッチは、電界効果トランジスタスイッチであってもよい。

【 0 0 1 6 】

遅延期間が、電圧源のうちの1つが負荷に接続される制御信号のスイッチング期間の部分間のスイッチング期間に含まれ得る。有利には、このような遅延期間を含めることは、電圧源の回路内及び回路外への切り替えの正確な制御を可能にし得る。遅延期間は、10マイクロ秒未満であってもよい。あるいは、遅延は、何ら提供されなくてもよい。

20

【 0 0 1 7 】

特定の電圧源に割り当てられたスイッチング期間の割合の間、コントローラは、特定の電圧源のみを負荷に接続するように構成され得る。したがって、有利には、どの時点においても、負荷に給電するために1つの電圧源のみが接続され得る。

【 0 0 1 8 】

本発明のさらなる態様によれば、本発明の第1の態様に記載されるような複数の電圧源とスイッチングコントローラとを備えるハイブリッド電圧源が提供される。

30

【 0 0 1 9 】

本発明のさらなる態様によれば、複数の電圧源のうちの1つを負荷に結合するためのスイッチングコントローラを動作させる方法が提供される。本方法は、

複数の電圧源のそれぞれについて、該電圧源が負荷に接続される制御信号のスイッチング期間の割合であって、該複数の電圧源のうちの1つの受け取られた特性に基づいて設定される、該スイッチング期間の該割合を設定することと、

該制御信号に従って該複数の電圧源のうちのいずれが該負荷に接続されるかを制御することと、を含む。

【 0 0 2 0 】

本発明のさらなる態様によれば、本発明の第1の態様に記載されるようなスイッチングコントローラを備える車両が提供される。

40

【 0 0 2 1 】

本開示は、バッテリー混合及び積極的充電を使用することで、低い追加的なハードウェア費用または標準的なハイブリッド燃料電池システムの工学技術によって、ハイブリッド燃料電池システム内の燃料電池スタック内にある利用可能な燃料をより効率的に利用することに関する。バッテリー混合とは、各源を順番にハイブリッド電圧源回路に接続し、かつ源を循環させてそれらから電力を取り出すことによって、負荷に給電するために2つ以上の電圧源を使用することを指す。積極的充電とは、燃料電池スタック電圧源から電力を取り出して負荷に給電すること、及びその燃料電池スタック電圧源から追加的な電力を取り出して別の電圧源（バッテリー等）を充電することを指す。

50

## 【 0 0 2 2 】

有利には、ハイブリッド燃料電池システムにおける新しい燃料電池のシステム内性能検証は、本明細書に開示される実施例に従って向上され得る。有利には、ハイブリッド電圧源内の燃料電池スタックに利用可能な燃料のより効果的な使用が、本明細書に開示されるシステムを使用してなされ得る。

## 【 0 0 2 3 】

以下において、本発明は、例示のみを目的として、添付される図面への参照とともに記載される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 2 4 】

【図 1】スイッチングコントローラを備えるハイブリッド電圧源の概略図を図示する。

【図 2】スイッチングコントローラ、燃料電池スタック、及びバッテリー充電器を有するバッテリーを備えるハイブリッド電圧源の概略図を図示する。

【図 3】2つの電圧源 x と y との間で配分されたスイッチング期間を有する制御信号の概略図を図示する。

【図 4】燃料電池スタック電圧設定点への参照を含む、積極的充電及びバッテリー混合の概略図を図示する。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 2 5 】

以下に記載される様々な実施形態は、複数の電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 のうちの 1 つを負荷 1 1 4、2 1 4 に結合するためのスイッチングコントローラ 1 0 0、2 0 0 を備え、スイッチングコントローラ 1 0 0、2 0 0 は、複数の電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 のうちの 1 つの特性を受け取り、複数の電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 のそれぞれについて、電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 が負荷 1 1 4、2 1 4 に接続される制御信号のスイッチング期間 3 0 2 の割合 3 0 4、3 0 6 を設定するように構成され、スイッチング期間 3 0 2 の割合 3 0 4、3 0 6 は、複数の電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 のうちの 1 つの受け取られた特性に基づいて設定され、制御信号に従って複数の電圧源 1 0 4、1 0 6、2 4 0、2 0 6 のうちのいずれが負荷 1 1 4、2 1 4 に接続されるかを制御する。

## 【 0 0 2 6 】

図 1 は、スイッチングコントローラ 1 0 2 を備えるハイブリッド電圧源 1 0 0 の例示的な実施形態を図示する。2つの電圧源 1 0 4、1 0 6 が提供されている。各電圧源 1 0 4、1 0 6 は、スイッチ 1 0 8、1 1 0 と関連付けられている。各スイッチ 1 0 8、1 1 0 は、その関連付けられた電圧源 1 0 4、1 0 6 と負荷 1 1 4 との間に結合されており、スイッチングコントローラ 1 0 2 からの制御信号に従って関連付けられた電圧源 1 0 4、1 0 6 を負荷 1 1 4 に接続させるように構成される。スイッチ 1 0 8、1 1 0 は、単一の DC - DC コンバータ 1 1 2 を介して負荷に接続される。スイッチングコントローラ 1 0 2 は、制御信号を各スイッチ 1 0 8、1 1 0 及び DC - DC コンバータ 1 1 2 に提供する。コントローラ 1 0 2 は、例えば、各スイッチ 1 0 8、1 1 0 を閉じる / 開けるための、及び負荷への電圧供給を有効化 / 無効化させるための DC - DC コンバータへの、制御信号を提供する。

## 【 0 0 2 7 】

スイッチングコントローラ 1 0 2 は、制御信号に従ってどの時点においても 2 つの電圧源 1 0 4、1 0 6 のうちの 1 つを負荷 1 1 4 に結合する。まず、スイッチングコントローラ 1 0 2 は、電圧源のうちの 1 つ 1 0 4 の特性 1 1 6 を受け取る。例えば、特性 1 1 6 は、電圧源 1 0 4 の電圧であってもよい。次に、電圧源 1 0 4、1 0 6 のそれぞれについて、スイッチングコントローラ 1 0 2 は、電圧源 1 0 4、1 0 6 が負荷 1 1 4 に接続される制御信号のスイッチング期間の割合を設定する。スイッチング期間の割合は、電圧源 1 0 4 の受け取られた特性 1 1 6 に基づいて設定される。

## 【 0 0 2 8 】

スイッチングコントローラ 102 は、制御信号に従って電圧源 104、106 のうちのいずれが負荷 114 に接続されるかを制御する。スイッチングコントローラ 102 は、各電圧源 108、110 を回路 100 内に接続または切断して負荷 114 に給電するために、各電圧源 104、106 の各スイッチ 108、110 に対して制御信号を送るように構成されている。

【0029】

DC-DC コンバータ 112 は、各電圧源 104、106 から電力を受け取り、必要に応じて電圧変換を提供し、かつ、電力を負荷 114 に提供するように構成されている。

【0030】

したがって、スイッチングコントローラ 102 は、スイッチング期間にわたって、電圧源 104、106 間の切り替えを行うために制御信号をスイッチ 108、110 に提供する。各電圧源 104、106 が負荷 114 に接続されるスイッチング期間の割合は、受け取られた特性から決定される。これは、以下に、より詳細に記載される。

【0031】

図 2 は、図 1 に示されるハイブリッド電圧源 100 と共通の要素を有するスイッチングコントローラ 202 を備えるハイブリッド電圧源 200 の第 2 の例示的な実施形態を図示する。

【0032】

図 2 において、2 つの電圧源のうちの 1 つは、水素等の燃料 220 の供給を有する燃料電池スタック 204 である。他方の電圧源は、バッテリー 206 である。回路 200 は、バッテリー 206 と単一の DC-DC コンバータ 212 の出力とに接続されたバッテリー充電器 216 を含む。バッテリー充電器 216 は、コントローラ 202 によって制御される。充電器 216 に電力を供給するための、DC-DC コンバータ 212 の出力からの接続 222 も存在する。

【0033】

スイッチングコントローラ 202 は、電圧源のうちの 1 つ、この例では燃料電池スタック 204、の特性 218 を受け取る。燃料電池スタック 204 の受け取られた特性 218 は、例えば、スタック電圧の関数、燃料電池スタック 204 内の 1 つ以上の電池の関数、スタック電流の関数、スタック温度の関数、及び / または燃料電池スタック 204 に供給される水素圧 220 の関数であってもよい。燃料電池スタック電圧は、電気負荷 214 の増大、反応物質（例えば、水素及び酸素）のレベル低減、または燃料電池スタック 204 の劣化 / 機能不全に回答して、下降することになる。

【0034】

受け取られた特性 218 に基づいて、スイッチングコントローラ 202 は、燃料電池スタック 204 またはバッテリー 206 が負荷 214 に接続される制御信号のスイッチング期間の割合を設定する。スイッチングコントローラ 202 は、電圧源 204、206 のうちのいずれが負荷に接続されるかを、制御信号を使用して制御する。したがって、スイッチングコントローラ 202 は、スイッチング期間にわたって、電圧源 204、206 間の切り替えを行うために制御信号をスイッチ 208、210 に提供する。

【0035】

バッテリー 204 と燃料電池スタック 206 との間の「オン時間」比率（すなわち、各電圧源 204、206 が負荷 214 に接続される制御信号のスイッチング期間の割合）は、スイッチングコントローラ 202 によって調整される。したがって、スイッチングコントローラ 202 は、図 4 に関連して論じられるように、燃料電池スタック性能に関する特定のシステム設定点を維持しようと試み得る。

【0036】

図 1 及び 2 の例において、スイッチングコントローラ 102、202 は、関連付けられたソフトウェアを有するマイクロコントローラ、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）装置等の固定された集積回路（IC）、またはプログラマブルコントローラ（PC）もしくはプログラマブルロジックコントローラ（PLC）のようなインテリジェ

10

20

30

40

50

ント制御装置であってもよい。切り替えを実行するために使用されるスイッチ 108、110、208、210 は、例えば、金属酸化物半導体 FET (MOSFET) 等の電界効果トランジスタ (FET) スイッチであってもよい。

#### 【0037】

図 1 及び 2 の例では、単一の DC - DC コンバータ 112、212 が使用されている。単一の DC - DC コンバータへの入力を電圧源 104、106 (燃料電池スタック 204 及びシステム内バッテリー 206 等) 間で切り替えることは、各源 104、106、204、206 から取り出される電力量を、それがスイッチング期間にわたって負荷に接続される時間を使用して制御することによって、総システム負荷の効率的な分担を可能にする。これは、例えば、双方向 DC - DC コンバータまたは 1 対の DC - DC コンバータよりもむしろ 1 つの DC - DC コンバータ 112、212 を使用することにより、複数の電圧源システム (燃料電池スタック 204 / バッテリー 206 のシステム等) のハイブリッド化を低コストで可能にする。

#### 【0038】

図 2 のハイブリッド電圧源の動作の例として、最初は、燃料電池スタック 204 は、負荷 214 の 100% を支援でき得る。この状況では、燃料電池スタック 204 を接続するための設定されたスイッチング期間の割合は、100% である一方で、バッテリー 206 を接続するための設定された制御信号のスイッチング期間の割合は、0% である (そのため、バッテリー 206 は、接続されない)。したがって、コントローラ 202 からの制御信号は、各スイッチング期間にわたってその時間の 100% の間燃料電池スタック 204 が負荷 204 に接続されるように、スイッチ 208、210 を制御する。

#### 【0039】

燃料電池スタック 204 によって完全に支援することができない高い電気負荷 214 が発生した場合 (負荷 214 が燃料電池スタック 204 の動作範囲を超えているため、または燃料電池スタック 204 が起動したばかりであり、まだフル動作電力に達していないため)、燃料電池スタック電圧は、低下し始め得る。スイッチングコントローラ 202 は、燃料電池スタック電圧読み出し 218 を受け取り、それに応答して、バッテリー 206 によってカバーされるべきスイッチング期間の割合をより高く、燃料電池スタック 204 によってカバーされるべき制御信号のスイッチング期間の割合をより低く設定し得る。これは、その結果、燃料電池スタック 204 に対する負荷を低減し、負荷 214 への給電の継続を可能にする。したがって、コントローラ 202 からの制御信号は、各スイッチング期間の間、一部の時間の間は燃料電池スタック 204 が負荷 204 に接続され、一部の時間の間はバッテリー 206 が負荷 204 に接続され、それらが負荷の電力要件を分担するように、スイッチ 208、210 を制御する。

#### 【0040】

スイッチングコントローラ 202 は、燃料電池スタック電圧 (または何らかの他の受け取られた特性 / パラメータ 218) の変化に応答して、燃料電池スタック 204 とバッテリー 206 との間の分担比率を設定するように構成されと考えられ得る。このように、ハイブリッド電圧源 200 は、完全にシャットダウンする必要なしに運転を継続することができる。

#### 【0041】

また、固定されたスイッチング期間にわたって各電圧源 204、206 が負荷 214 に接続される時間の割合を分担することによって、負荷 214 に対する電力供給は、全負荷をバッテリー 206 に移転する必要なしに維持され、それによりハイブリッド電圧源 200 内の電圧源 204、206 からの利用可能電力の効率的な使用を提供する。

#### 【0042】

図 3 は、2 つの電圧源「x」304 及び「y」306 の間で配分されたスイッチング期間 302 を有する制御信号 300 の例示的な概略図を図示する。この周期 302 は、電圧源「x」304 及び「y」306 のそれぞれに割り振られたスイッチング期間 302 の割合から独立した同じ長さの時間であるため、制御信号 300 は、固定されたスイッチング

10

20

30

40

50



期間 302 を有する。制御信号 300 は、同様に、固定されたスイッチング周波数を有すると考えられ得る。

【0043】

例えば、ハイブリッド電圧源内の電圧源「x」304 及び「y」306 の両方は、負荷に給電するために使用され得る（1つの電圧源のみでは、負荷に完全に給電するのに十分な電力を提供することができない場合）。2つの電圧源/バッテリー、「x」及び「y」は、同じ負荷に給電するために使用されるので、ハイブリッド電圧源は、「バッテリー混合」を実行すると言われ得る。「オン時間」（すなわち、特定の電圧源が負荷に接続されるスイッチング期間中の時間）は、負荷によって取り出される（すなわち、負荷に給電するために DC - DC コンバータによって取り出される）平均エネルギー量が 2つの電圧源「x」304 及び「y」306 の間で分担されるように、設定され得る。

10

【0044】

電圧源「x」304 は、燃料電池スタックであってもよく、電圧源及び「y」306 は、バッテリーであってもよい。5W のシステム負荷は、燃料電池スタックとバッテリーとの間で 80% : 20% で分担され得る。これは、4 : 1 の「オン時間」を使用することによってなされるであろう。したがって、燃料電池スタックは、スイッチング期間の 80% の間電力を提供するために接続され、バッテリーは、スイッチング期間の残り 20% の間電力を提供するために接続される。それゆえ、2つの源間の切り替えが 1 秒あたり 100 回（すなわち、100 Hz のスイッチング周波数で）実行される場合、スイッチングコントローラは、燃料電池スタックを 8 ミリ秒の間回路内へと切り替え、次いで、燃料電池スタックを切断し、次いで、バッテリーを 2 ミリ秒の間回路内へと切り替えるであろう。これは、5W の負荷は、燃料電池スタックから 4W を、バッテリーから 1W を取り出すであろうことを意味するであろう（システム損失を無視する）。

20

【0045】

本明細書に開示されるスイッチングコントローラは、燃料電池システムとバッテリーとを備えるハイブリッド電圧源が電源オフ状態から最初にスイッチオンされるシステム起動中に、有利に使用され得る。システム起動時に、燃料電池スタックは、その最大負荷を支援できるようになるまでしばらくの時間を必要とし得る。スイッチングコントローラは、燃料電池スタックが負荷に接続されるスイッチング期間の割合を、燃料電池スタック電圧等の受け取られた特性に従って設定すること及び燃料電池スタックに対する負荷を、それを支援する能力が増大するにつれて増大させることによって、特定の燃料電池スタック電圧を維持しようと試みることになる。このように、燃料電池スタックにはそれが扱うことのできる限りの最大 100% の負荷が割り振られることになるが、末端負荷によって必要とされる全負荷は、燃料電池からの利用可能な電力だけでは負荷を支援するのに十分ではない時間全体にわたって、バッテリーを電源として使用することによってハイブリッド電圧源から取り出され得る。

30

【0046】

本明細書に開示されるスイッチングコントローラは、ハイブリッド電圧源の一部として新しい燃料電池スタックのシステム性能検証を行う際に有利に使用され得る。燃料電池スタックに対する負荷は、制御信号に従って特定の燃料電池スタック電圧を達成するために制御され得るため、ハイブリッド電圧源は、性能検証の行われていない新しい燃料電池スタックとともに動作し、それでもなお最大電力出力を提供することができることになる。これは、利用可能な燃料電池スタック電力をバッテリーから取り出される電力で補うことによって、達成され得る。燃料電池スタックの性能が向上し、その電圧が上昇するにつれて、スイッチングコントローラは、燃料電池スタックが完全に性能検証され、例えば負荷の 100% を支援できるようになるまで、燃料電池スタックを負荷に接続させるための制御信号のスイッチング期間の割合をより高く設定することになる。

40

【0047】

本明細書に開示されるスイッチングコントローラは、有利には、「積極的充電」のために使用され得るが、積極的充電では、バッテリーは、負荷によって必要とされる電力が燃

50

料電池スタックから取り出された後、燃料電池スタックから利用可能な追加的な電力を使用して充電される。積極的充電は、図 4 に概略的に図示されている。

【 0 0 4 8 】

図 4 は、図 2 にあるような燃料電池スタックとバッテリーとを備えるハイブリッド電圧源に関する。図 4 の概略グラフは、燃料電池スタック電圧及び燃料電池スタック電圧設定点 4 0 2 を示し、燃料電池スタック電圧設定点 4 0 2 は、この例では、負荷に完全に給電するために必要とされる電圧である。領域 4 0 6 は、負荷に給電するために利用可能な燃料電池スタックの電圧を表す。

【 0 0 4 9 】

燃料電池スタックがシステム負荷の 1 0 0 % を支援できない場合、スイッチングコントローラは、制御信号のスイッチング期間の一部を、燃料電池スタックを負荷に接続することに割り振り、制御信号のスイッチング期間の別の一部を、バッテリーを負荷に接続することに割り振ることができる。したがって、燃料電池スタック電圧が所定の設定点 4 0 2 を下回る場合、スイッチングコントローラは、燃料電池スタックに対する負荷を低減するために、燃料電池スタックから電力を取り出すこととバッテリーからとの間で切り替えを行うことができる。したがって、燃料電池スタック電圧 4 0 6 が燃料電池スタック電圧設定点 4 0 2 を下回る場合、「バッテリー混合」が、バッテリー 4 0 8 から利用可能な電圧を使用して燃料電池スタック 4 0 6 から利用可能な電圧を補うために、使用される。このような状況では、積極的充電は、何ら行われない。

【 0 0 5 0 】

しかしながら、燃料電池スタックが負荷の 1 0 0 % を支援できる場合、積極的充電が、燃料電池スタックに対する負荷を増大させるために使用され得る。燃料電池スタック電圧が所定の設定点 4 0 2 を上回る場合、スイッチングコントローラは、燃料電池スタックから取り出される電力が増大されるように、制御信号のスイッチング期間を、燃料電池スタックを負荷に接続することに割り振ることができる。それにより領域 4 0 4 の矢印によって表示されるように燃料電池スタック電圧を低下させる。燃料電池スタックからの追加的な負荷（取り出される電力）は、バッテリー充電器 2 1 6 を介してバッテリーに提供され得、それにより、燃料電池が負荷の 1 0 0 % を給電することと余分電力をバッテリー充電のために提供することとを両方行うのに十分な電力を提供することができる場合、バッテリーを積極的に充電する。

【 0 0 5 1 】

したがって、積極的充電は、燃料電池スタック電圧の増大に応答してバッテリー充電電流を増大させる。より大きな電流でバッテリーを充電することによって、燃料電池スタックに対する負荷は、増大され、その電圧は、低減される。これは、燃料電池スタックの動作電圧を制御できるという恩恵を提供し、また、燃料電池スタックに過負荷をかけることなしにバッテリーを充電することによって、燃料電池スタックから利用可能な電力の効率的な使用を可能にする。

【 0 0 5 2 】

したがって、スイッチングコントローラは、ハイブリッド電圧源（燃料電池スタック及びバッテリーを有する）を動作させるために使用され得る。燃料電池が負荷によって必要とされる電力を 1 0 0 % 提供することができない場合、スイッチングコントローラは、バッテリーが燃料電池によって供給される電力を補って負荷に完全に給電するように、制御信号を設定する（バッテリー混合 4 0 6 ）。燃料電池が負荷によって必要とされる電力の 1 0 0 % 超を提供することができる場合、追加的な電力は、バッテリーを充電するために使用され得る（積極的充電 4 0 4 ）。燃料電池スタックから利用可能な電力が大きくなるほど、より大きな負荷が燃料電池スタックから取り出されることになり（最大 1 0 0 % ）、ひとたび 1 0 0 % に到達すると、利用可能になるいかなる余分電力も、システムバッテリーを充電するために使用されることになる。燃料電池スタックから利用可能な電力の量が下落すると、バッテリーは、利用可能な電力の不足分を一時的に埋めるために使用されることになる。これは、燃料供給の変動に対処し、利用可能な燃料の効率的な利用を確保

10

20

30

40

50

するための非常に有用な戦略である。

【 0 0 5 3 】

本明細書に開示されるようなスイッチングコントローラを有するハイブリッド電圧源は、燃料電池スタックに対する負荷を、燃料電池スタックが全負荷を支援できない場合は電力をバッテリーから取り出すことができるようにすることによって、低減することができる。これは、さもなければ、使用されるべき利用可能なバッテリーが何ら存在しない場合にシャットダウンする必要があったであろうときに、ハイブリッド電圧源が電力を出力することを可能にする。それは、燃料供給反応における欠乏を管理し得る（すなわち、負荷に対する電力を維持するのに十分な電力を発生させるために十分な燃料が燃料電池に供給されない場合）。バッテリーは、低燃料圧の期間中、燃料電池スタックを補うために使用され得る。燃料電池スタックは、燃料電池スタックから取り出される実効電流を管理することによって、スタックのI-V曲線上の効率的な点で運転され得る。これは、効率的な燃料電池電力供給システムを提供し得る。さらに、（高周波数スイッチングを使用して）燃料電池スタック電流の短パルスを持することによって、マストランスポートの限界を克服するのに助けるために、燃料電池スタックのバルクキャパシタンスを活用することが可能になり得る。これは、より高いスタック電圧を維持することを可能にし得、したがって、効率性を向上させる。より高い周波数スイッチングは、燃料電池スタックのキャパシタンスを活用するために有益となり得る。

10

【 0 0 5 4 】

上述の例では、燃料電池スタックからの特性が、コントローラで制御信号のスイッチング期間の割合を設定するために、コントローラに提供される。他の例では、特性は、バッテリーのもの（バッテリー充電レベルまたはバッテリー温度等）であってもよい。他の例では、2つ以上の特性が、コントローラに提供され得る。2つ以上の特性は、同じ電圧源からのもの（燃料電池スタック電圧源の電圧及び温度等）であってもよく、または2つ以上の電圧源からのもの（燃料電池スタック電圧源に供給される水素レベル及びバッテリー電圧源に残っているバッテリー充電レベル等）であってもよい。

20

【 0 0 5 5 】

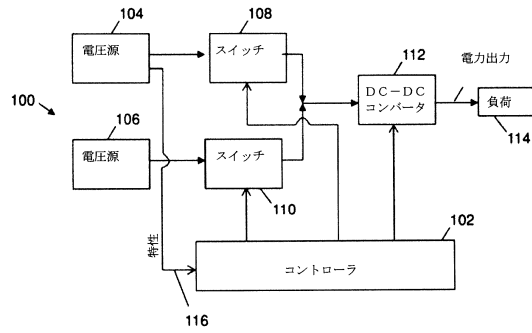
上述の例では、ハイブリッド電圧システム100、200内に2つの電圧源が示されている。他の例では、2つより多い電圧源が存在してもよく、スイッチングコントローラは、2つより多い電圧源のそれぞれについて制御信号のスイッチング期間の割合を設定するように構成され得る。例えば、システムは、2つの燃料電池スタックと1つのバッテリーとを備え得る（したがって、3つの電圧源が存在する）。コントローラは、スイッチング期間の割合の間各電圧源を回路内へと切り替えて負荷に給電させるために、制御信号のスイッチング期間の割合を設定し得る。

30

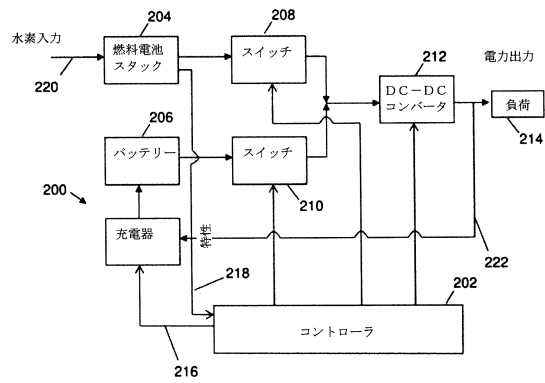
【 0 0 5 6 】

反対の意図が自明でない限り、ある実施例に関連して記載された特長は、別の実施例に関連して記載された特長と組み合わせ得ることが理解されるであろう。

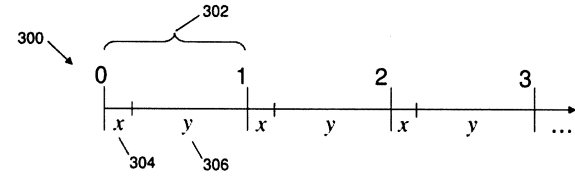
【図 1】



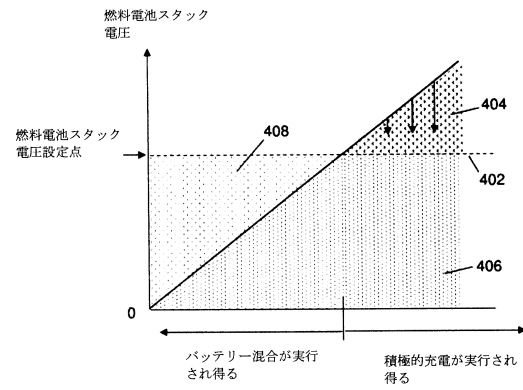
【図 2】



【図 3】



【図 4】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 6 0 L 11/18 A

- (72)発明者 エリオット, ザカリー  
イギリス、エル・イー・１１ ３・ジィ・ビィ レスターシャー、ラフバラー、アシュビー・ロード、ホリウエル・パーク、チャーンウッド・ビルディング、インテリジェント・エナジー・リミテッド
- (72)発明者 カーク, クリストファー  
イギリス、エル・イー・１１ ３・ジィ・ビィ レスターシャー、ラフバラー、アシュビー・ロード、ホリウエル・パーク、チャーンウッド・ビルディング、インテリジェント・エナジー・リミテッド
- (72)発明者 アドコック, ポール  
イギリス、エル・イー・１１ ３・ジィ・ビィ レスターシャー、ラフバラー、アシュビー・ロード、ホリウエル・パーク、チャーンウッド・ビルディング、インテリジェント・エナジー・リミテッド
- (72)発明者 クブチョ, ケビン  
イギリス、エル・イー・１１ ３・ジィ・ビィ レスターシャー、ラフバラー、アシュビー・ロード、ホリウエル・パーク、チャーンウッド・ビルディング、インテリジェント・エナジー・リミテッド
- (72)発明者 ブレイスウェイト, マーク  
イギリス、エル・イー・１１ ３・ジィ・ビィ レスターシャー、ラフバラー、アシュビー・ロード、ホリウエル・パーク、チャーンウッド・ビルディング、インテリジェント・エナジー・リミテッド

審査官 坂本 聡生

- (56)参考文献 米国特許出願公開第２００４／０２０２９００(US, A1)  
特開２００５－９３１２０(JP, A)  
特開２００８－９０４２２(JP, A)  
特開２００８－３１０９８５(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 0 L 1 / 0 0 - 3 / 1 2  
7 / 0 0 - 1 3 / 0 0  
1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2  
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5  
H 0 2 J 1 / 0 0 - 1 / 1 6  
7 / 0 0 - 7 / 1 2  
7 / 3 4 - 7 / 3 6