

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5892367号  
(P5892367)

(45) 発行日 平成28年3月23日(2016.3.23)

(24) 登録日 平成28年3月4日(2016.3.4)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2016.01)	HO 1 M 8/04 Z H V Z
HO 1 M 8/04858 (2016.01)	HO 1 M 8/04 P
HO 1 M 8/10 (2016.01)	HO 1 M 8/04 H
HO 2 M 3/155 (2006.01)	HO 1 M 8/10
B 6 O L 11/18 (2006.01)	HO 2 M 3/155 F
請求項の数 1 (全 8 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2011-272632 (P2011-272632)  
 (22) 出願日 平成23年12月13日(2011.12.13)  
 (65) 公開番号 特開2013-125613 (P2013-125613A)  
 (43) 公開日 平成25年6月24日(2013.6.24)  
 審査請求日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (74) 代理人 100117189  
 弁理士 江口 昭彦  
 (72) 発明者 真鍋 晃太  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 田野 裕  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池と、複数相を備え前記燃料電池の出力を昇圧するマルチフェーズコンバータと、前記マルチフェーズコンバータの各相に設けられた電流センサと、を備え、前記電流センサにより検出された前記各相に流れる電流値の合計値が前記燃料電池の出力電流として制御される燃料電池システムであって、

前記電流センサの異常を検知する異常検知手段と、

ある相における電流センサの異常が前記異常検知手段によって検知された場合に、その異常相の駆動を停止するとともに当該異常相を除外した残りの相に設けられている電流センサにより検出された電流値の合計値を前記燃料電池の目標出力電流に設定する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、前記電流センサの異常が検知された場合に、前記マルチフェーズコンバータにおける前記異常相以外の相を全て駆動させ、それら駆動相に過負荷運転をさせ、前記制御手段は、前記駆動相における回路素子の温度が当該回路素子の部品熱定格を超えないような範囲で前記過負荷運転を実施する

燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチフェーズコンバータを備えた燃料電池システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、ハイブリッド自動車、電気自動車等の電力駆動車両は、モータに駆動電力を供給する電池と、電池電圧を昇圧し、且つ、その昇圧後の電圧をモータ駆動回路に出力するための昇圧コンバータとを含む燃料電池システムを備えている。この昇圧コンバータは、電流のスイッチングにより誘導起電力を発生するインダクタや、そのスイッチングを行うためのスイッチング回路等を有しており、入力電圧に誘導起電力を加えた昇圧電圧をモータ駆動回路に出力する。

## 【0003】

この種の燃料電池システムとしては、例えば特許文献1に開示されたものが知られている。この特許文献1には、燃料電池の異常を判定した場合に、まず、燃料電池への水素と空気の供給を遮断して燃料電池の発電量を低下させ、その後、昇圧コンバータの出力側に設けられた電流センサが検出した電流が所定値以下になったところで、燃料電池とその出力電力を消費する電力消費手段との電氣的接続を切り切りするFCリレーを切り替えることで、燃料電池と電力消費手段との電氣的接続を解除する技術が開示されている。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2011-204361号公報

## 【発明の概要】

20

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、近時、燃料電池出力の大電流化に伴い、昇圧コンバータの小型・高効率化等を目的として、複数相の昇圧部が並列に接続されてなるマルチフェーズコンバータを備えた燃料電池システムが提案されている。このマルチフェーズコンバータを備えた燃料電池システムにおいては、各相に流れる電流を制御するために各相に設けられている電流センサの検出電流の合計値を燃料電池の出力電流として使用することとすれば、燃料電池の出力電流を検出するための専用の電流センサを別個に設置する必要がなくなり、システム全体としての冗長さを軽減させることが可能である。

## 【0006】

30

しかしながら、各相に設けられている電流センサが仮に1つでも故障してしまうと、残りの正常な電流センサの検出電流の合計値をそのまま燃料電池の出力電流として使用することができなくなるため、燃料電池システムの信頼性が損なわれてしまう虞がある。

## 【0007】

例えば、上記特許文献1の昇圧コンバータがマルチフェーズコンバータであり、且つ、燃料電池用の電流センサの代わりに、マルチフェーズコンバータの各相に電流センサが設けられた場合において、それら電流センサの1つ又は複数が故障したときには、全ての電流センサが正常に動作している場合と比較して、各電流センサの検出電流の合計値が小さくなるため、燃料電池の出力電流が低下していると誤判定してしまい、FCリレーの切り替えタイミングが遅れてリレー接点の溶着を招来する、あるいは、燃料電池の出力が要求出力に対して過剰に高く制御されてしまう虞が生じる。

40

## 【0008】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、マルチフェーズコンバータの各相に設けられている電流センサが故障した場合においても、燃料電池の適切な出力制御を維持することのできる燃料電池システムを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

上記課題を解決するために、本発明の燃料電池システムは、燃料電池と、複数相を備え前記燃料電池の出力を昇圧するマルチフェーズコンバータと、前記マルチフェーズコンバータの各相に設けられた電流センサと、を備え、前記電流センサにより検出された前記各

50

相に流れる電流値の合計値が前記燃料電池の出力電流として制御される燃料電池システムであって、前記電流センサの異常を検知する異常検知手段と、ある相における電流センサの異常が前記異常検知手段によって検知された場合に、その異常相の駆動を停止するとともに当該異常相を除外した残りの相に設けられている電流センサにより検出された電流値の合計値を前記燃料電池の目標出力電流に設定する制御手段と、を備える。

【0010】

このような構成においては、異常相の駆動を停止し、かつ、異常相における電流センサ値（電流センサによって検出された電流）を除外した残りの電流センサ値の合計値に燃料電池の目標出力電流を合わせることで、燃料電池の実際の出力電流と電流センサ値の合計値との間の乖離の発生が抑制され、燃料電池の出力を過剰に高く制御してしまうという不具合が解消される。

10

【0011】

上記の構成において、前記制御手段は、前記電流センサの異常が検知された場合に、前記マルチフェーズコンバータの出力上限値に前記異常相の数に応じた制限をかけてもよい。例えば、全相数が4であるうちの1相のみに異常が生じた場合には、マルチフェーズコンバータの出力上限値を75%（ $= (4 - 1) / 4 \times 100$ ）に制限する。かかる場合には、駆動相に対する過負荷運転の実施抑制、ひいてはマルチフェーズコンバータの耐久性低下を抑制することが可能となる。

【0012】

それとは逆に、前記制御手段は、前記電流センサの異常が検知された場合に、前記マルチフェーズコンバータに出力制限をかけずに、異常相以外の相を全て駆動させ、それら駆動相に過負荷運転をさせてもよい。

20

このような構成においては、余計な出力制限がかからないので、センサ故障時にも使用性の低下を回避することが可能となる。ただし、各相の部品が過熱する場合には、適切な出力制御を行なう必要がある。そこで、前記制御手段は、前記駆動相における回路素子の温度が当該回路素子の部品熱定格を超えないような範囲で前記過負荷運転を実施する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、マルチフェーズコンバータの各相に設けられている電流センサが故障した場合においても、燃料電池の適切な出力制御を維持することが可能となり、燃料電池システムの冗長性及び信頼性低下を抑制することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係る燃料電池システムを車両に搭載した場合の一実施形態を示す図である。

【図2】図1のマルチフェーズコンバータの具体的な構成を示す図である。

【図3】図2の電流センサの異常が検知された場合の制御フローを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

40

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。また、図面の寸法比率は、図示の比率に限定されるものではない。さらに、以下の実施の形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明をその実施の形態のみに限定する趣旨ではない。またさらに、本発明は、その要旨を逸脱しない限り、さまざまな変形が可能である。

【0016】

図1は、本発明に係る燃料電池システムが燃料電池車両（FCHV；Fuel Cell Hybrid Vehicle）に搭載された場合の一実施の形態を示すシステム構成図である。

【0017】

燃料電池100は、例えば高分子電解質形燃料電池であり、酸化ガス及び燃料ガスの電

50

気化学反応により電力を発生するセルを多数積層したスタック構造となっている。単セルは、イオン交換膜からなる電解質の一方の面に空気極を有し、他方の面に燃料極を有し、さらに空気極および燃料極を両側から挟み込むように一对のセパレータを有する構造となっている。

【 0 0 1 8 】

この燃料電池 1 0 0 は、車両を走行させるための駆動モータ 1 1 0 に接続されており、駆動モータ 1 1 0 へ電力を供給する。この燃料電池 1 0 0 から駆動モータ 1 1 0 への電力供給経路には、燃料電池 1 0 0 側から順に、マルチフェーズコンバータ 1 2 0、平滑コンデンサ 1 3 0 及び駆動インバータ 1 4 0 が接続されている。

【 0 0 1 9 】

このように、燃料電池システム 1 では、燃料電池 1 0 0 で発電された電力がマルチフェーズコンバータ 1 2 0 で昇圧され、駆動インバータ 1 4 0 を介して駆動モータ 1 1 0 へ給電される。

駆動モータ 1 1 0 は、例えば三相交流モータであり、駆動モータ 1 1 0 が接続された駆動インバータ 1 4 0 は、直流電流を三相交流に変換し、駆動モータ 1 1 0 に供給する。

【 0 0 2 0 】

また、燃料電池システム 1 は、駆動モータ 1 1 0 へ電力を供給するバッテリー 1 5 0 を備えている。このバッテリー 1 5 0 から駆動モータ 1 1 0 への電力供給経路には、バッテリー昇圧コンバータ 1 6 0 が接続されている。

このバッテリー 1 5 0 の電力供給経路は、燃料電池 1 0 0 の電力供給経路に接続されており、バッテリー 1 5 0 からの電力が駆動モータ 1 1 0 へ供給可能とされている。

【 0 0 2 1 】

本実施形態のバッテリー昇圧コンバータ 1 6 0 は、直流の電圧変換器であり、バッテリー 1 5 0 から入力された直流電圧を調整して駆動モータ 1 1 0 側へ出力する機能と、燃料電池 1 0 0 または駆動モータ 1 1 0 から入力された直流電圧を調整してバッテリー 1 5 0 に出力する機能と、を有する。このようなバッテリー昇圧コンバータ 1 6 0 の機能により、バッテリー 1 5 0 の充放電が実現される。また、バッテリー昇圧コンバータ 1 6 0 により、燃料電池 1 0 0 の出力電圧が制御される。

【 0 0 2 2 】

制御装置（異常検知手段、制御手段）2 0 0 は、燃料電池 1 0 0、マルチフェーズコンバータ 1 2 0、バッテリー 1 5 0、バッテリー昇圧コンバータ 1 6 0、駆動インバータ 1 4 0 及び駆動モータ 1 1 0、センサ類等に接続されており、それらとの間で信号を送受信することで各種機器及びシステム全体を制御する。

【 0 0 2 3 】

以下、本実施形態の制御装置 2 0 0 は、マルチフェーズコンバータ 1 2 0 を制御するためのユニット、バッテリー昇圧コンバータ 1 6 0 を制御するためのユニット、及び燃料電池システム 1 の全体を制御するためのユニットを含む 1 つの制御装置として構成されたものとして説明するが、これらのユニットが相互通信可能に接続された別々のユニットで構成されていてもよいことは勿論である。

【 0 0 2 4 】

次に、マルチフェーズコンバータ 1 2 0 の具体的な構成について、図 2 を参照しながら説明する。

マルチフェーズコンバータ 1 2 0 は、U 相パワーモジュール 1 1、V 相パワーモジュール 1 2、W 相パワーモジュール 1 3、及び X 相パワーモジュール 1 4 を装備するものである。それらの各パワーモジュール 1 1、1 2、1 3、1 4 は、それぞれ、インダクタ L 1 並びにスイッチング素子 S 1 及びダイオード D 1、インダクタ L 2 並びにスイッチング素子 S 2 及びダイオード D 2、インダクタ L 3 並びにスイッチング素子 S 3 及びダイオード D 3、インダクタ L 4 並びにスイッチング素子 S 4 及びダイオード D 4 を有している。

【 0 0 2 5 】

スイッチング素子 S 1 は、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）、その他の

10

20

30

40

50

バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ（FET）等の半導体装置21に、図示の如くダイオード31が接続されたものである。同様に、スイッチング素子S2乃至S4は、それぞれ、半導体装置22乃至24に、ダイオード32乃至34が接続されたものである。

**【0026】**

U相パワーモジュール11のスイッチング素子S1及びダイオードD1の接続節点C1には、インダクタL1の一端が接続され、そのインダクタL1の他端は、燃料電池100の正極（一方極）に接続されている。また、V相パワーモジュール12のスイッチング素子S2及びダイオードD2の接続節点C2、及び、W相パワーモジュール13のスイッチング素子S3及びダイオードD3の接続節点C3、X相パワーモジュール14のスイッチング素子S4及びダイオードD4の接続節点C4には、それぞれ、インダクタL2, L3, L4の一端が接続されている。それらのインダクタL2乃至L4の他端は、燃料電池100の正極（一方極）に接続されている。

10

**【0027】**

また、ダイオードD1乃至D4の図示上端（スイッチング素子S1乃至S4との接続節点C1乃至C4とは反対側の端）は、平滑コンデンサ130の一端に共通に接続されている。さらに、スイッチング素子S1乃至S4の図示下端（ダイオードD1乃至D4との接続節点C1乃至C4とは反対側の端）は、平滑コンデンサ130の他端、及び、燃料電池100の負極（他方極）に共通に接続されている。

**【0028】**

スイッチング素子S1乃至S4には、制御装置200が接続されており、この制御装置200からの指令信号（図2での図示は省略している。）に基づいて、それらのスイッチング素子S1乃至S4の開閉が行われる。また、インダクタL1乃至L4の上流側（燃料電池100側）には、U相乃至X相の各相を流れる電流を検出するための電流センサI1乃至I4がそれぞれ設けられていて、制御装置200には、電流センサI1乃至I4からの出力がそれぞれ入力され、それらをA/D変換して得たU相乃至X相におけるインダクタL1乃至L4の電流値の合計値が燃料電池100の出力電流として認識される。

20

**【0029】**

なお、このようにして認識される燃料電池100の出力電流のA/Dサンプル誤差による影響を最小化することを目的として、制御装置200においては、電流センサI1乃至I4の出力をA/D変換する前に所定の帯域でフィルタ処理するようにしてもよい。

30

**【0030】**

このように構成されたマルチフェーズコンバータ120においては、基本的な動作として、燃料電池100の出力電圧を昇圧した電圧を、マルチフェーズコンバータ120の出力電圧として、車両の駆動モータ110等の負荷へ出力する。

**【0031】**

本実施形態においては更に、マルチフェーズコンバータ120の各相に設けられている電流センサI1乃至I4によって、U相乃至X相の各相を流れる電流値の検出が可能であるだけでなく、各相を流れる電流値の合計値が燃料電池100の出力電流として認識されるので、燃料電池100の出力電流を直接計測するための電流センサが不要となり、システムの冗長性が排除されている。

40

**【0032】**

本実施形態の燃料電池システム1は、そのような利点がある一方で、各相に設けられている電流センサI1乃至I4が仮に1つでも故障してしまうと、残りの正常な電流センサI1乃至I4の検出電流の合計値をそのまま燃料電池100の出力電流として使用することができなくなる。以下、電流センサI1乃至I4のいずれかに異常が発生した場合の対応（フェールセーフ）について説明する。

**【0033】**

例えば、電流センサI1に何らかの異常が発生した場合には、全ての電流センサI1乃至I4が正常に動作している場合と比較して、各電流センサI2乃至I4の検出電流の合

50

計値が小さくなるため、その合計値をそのまま燃料電池 100 の出力電流として認識してしまうと、燃料電池 100 の出力電流が低下していると誤判定してしまい、燃料電池 100 の出力を要求出力に対して過剰に高く制御することになる。

【0034】

そこで、本実施形態では、図3のフローチャートに示すように、電流センサ I1 の異常が検知された場合（ステップ S1 : Yes）には、その異常相である U 相の駆動を停止する（ステップ S3）とともに、U 相を除外した残りの V 相乃至 X 相にそれぞれ設けられている電流センサ I2 乃至 I4 による検出電流値の合計値を燃料電池 100 の目標出力電流に設定する（ステップ S5）。これにより、燃料電池 100 の実際の出力電流と電流センサ I2 乃至 I4 による検出電流値の合計値との間の乖離の発生が抑制されるので、燃料電池 100 の出力を過剰に高く制御してしまうという不具合は解消される。

10

【0035】

電流センサ I1 乃至 I4 の異常は、例えば、電流センサ I1 乃至 I4 からのセンサ出力が所定時間以上検出されない場合、センサ出力が所定の範囲から外れた場合等に、何らかの異常が発生していることが検知される。

【0036】

他の実施形態として、制御装置 200 は、図3のステップ S5 の後に、マルチフェーズコンバータ 120 の出力上限値に異常相の数に応じた制限をかけるようにしてもよい。上記の例では、全相数が 4 であるうちの 1 相のみに異常が生じているので、マルチフェーズコンバータ 120 の出力上限値を 75% ( $= (4 - 1) / 4 \times 100$ ) に制限することになる。かかる場合には、駆動相に対する過負荷運転の実施が抑制され、ひいてはマルチフェーズコンバータ 120 の耐久性低下を抑制することが可能となる。

20

【0037】

さらに他の実施形態として、制御装置 200 は、図3のステップ S5 の後に、マルチフェーズコンバータ 120 に出力制限をかけずに、異常相以外の相を全て駆動させ、それら駆動相に過負荷運転をさせるようにしてもよい。かかる場合には、マルチフェーズコンバータ 120 の出力に対して余計な出力制限がかからないので、使用性の低下を抑制することが可能となる。

【0038】

ただし、この過負荷運転は、駆動相における回路素子保護の観点から、回路素子（インダクタ L1 乃至 L4、スイッチング素子 S1 乃至 S4、ダイオード D1 乃至 D4）の温度をそれぞれの回路素子に対応させて設けられた温度センサ（図示略）で監視しておき、回路素子温度が当該回路素子の部品熱定格を超えないように適宜出力制限をかけながら実施する。

30

【0039】

本発明は、燃料電池車両に限ることなく、マルチフェーズコンバータを備えた燃料電池システム含むあらゆる車両、機器、システム、設備等、及び、それらの製造に広く且つ有効に利用することができる。

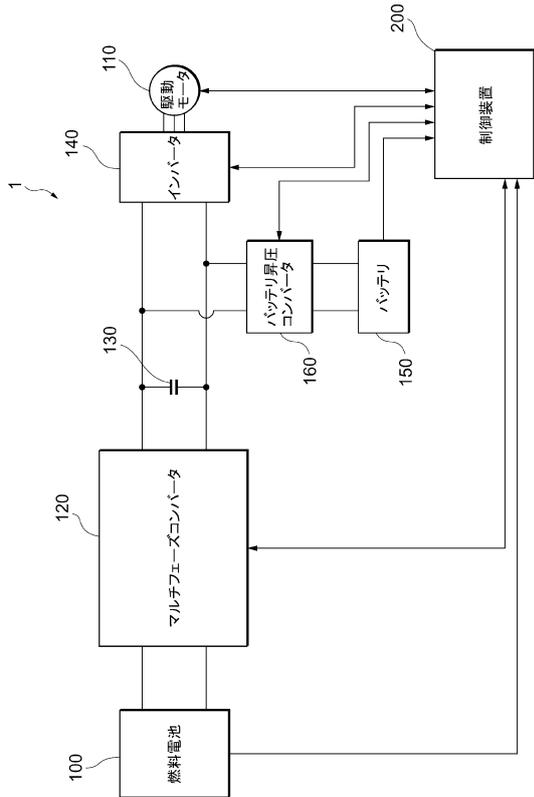
【符号の説明】

【0040】

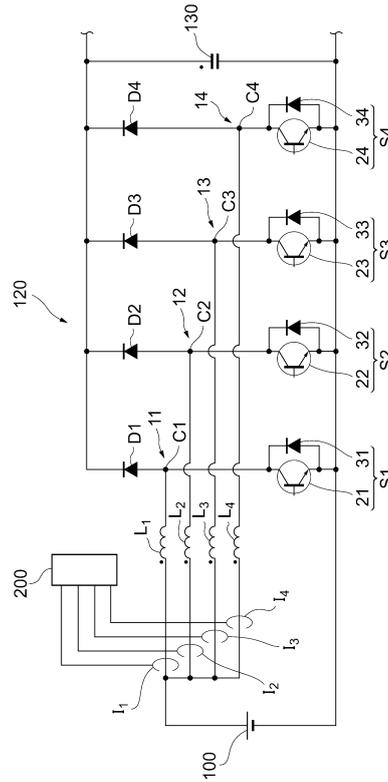
1 ... 燃料電池システム、100 ... 燃料電池、120 ... マルチフェーズコンバータ、200 ... 制御装置（制御手段、異常検知手段）、I1, I2, I3, I4 ... 電流センサ

40

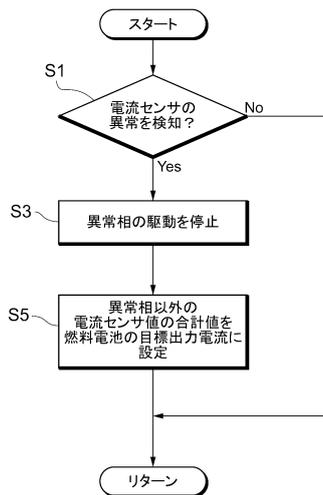
【図1】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 2 M 3/155 W  
B 6 0 L 11/18 G

(72)発明者 金子 智彦  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 清水 康

(56)参考文献 特開2008-079447(JP,A)  
特開2009-159689(JP,A)  
特開2010-279135(JP,A)  
特開2007-060805(JP,A)  
特開2003-284333(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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