

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2016-15855
(P2016-15855A)

(43) 公開日 平成28年1月28日 (2016.1.28)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
B60L	9/18	(2006.01)	B60L	9/18	L	5H026	
B60L	11/18	(2006.01)	B60L	11/18	G	5H125	
H02M	3/155	(2006.01)	H02M	3/155	W	5H127	
H01M	8/04	(2016.01)	H02M	3/155	K	5H730	
H01M	8/00	(2016.01)	H01M	8/04	Z		
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁) 最終頁に続く							

(21) 出願番号	特願2014-137575 (P2014-137575)	(71) 出願人	000005326
(22) 出願日	平成26年7月3日 (2014.7.3)		本田技研工業株式会社
			東京都港区南青山二丁目1番1号
		(74) 代理人	100077665
			弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎
		(74) 代理人	100169225
			弁理士 山野 明
		最終頁に続く	

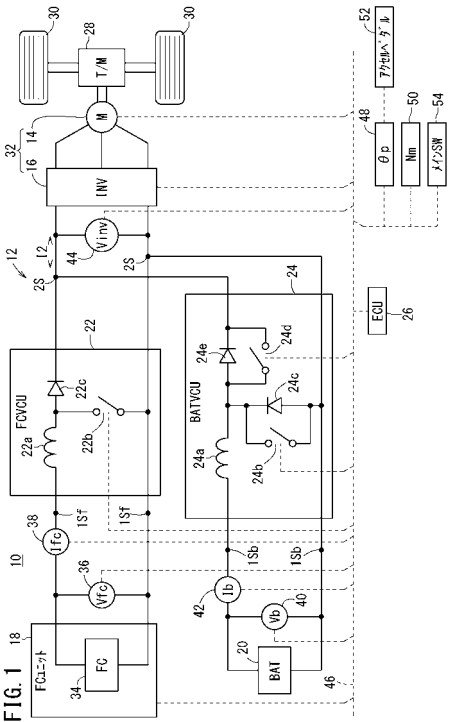
(54) 【発明の名称】 電源システム及び燃料電池車両

(57) 【要約】

【課題】 第1電圧調整装置及び第2電圧調整装置の双方が直結状態になることをできる限り回避することにより、電力損失を低減させつつ、燃料電池電圧及び蓄電装置電圧を安定に制御する。

【解決手段】 FC車両10及びFCシステム12において、ECU26は、負荷端電圧 V_{inv} とFC発電電圧 V_{fc} との差の絶対値（電圧差 V_d ）がセンサマージン電圧 V_{smg} 未満となる場合（ $V_d < V_{smg}$ ）、あるいは、FC発電電流 I_{fc} とFC発電電流指令値 I_{fcc} との差の絶対値（電流差 I_d ）が許容電流値 I_{fcth} を超える場合（ $I_d > I_{fcth}$ ）、BATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池電圧を出力する燃料電池と、
蓄電装置電圧を出力する蓄電装置と、
負荷と、

前記燃料電池電圧を調整して前記負荷に印加する第 1 電圧調整装置と、
前記蓄電装置電圧を調整して前記負荷に印加する第 2 電圧調整装置と、
前記第 1 電圧調整装置及び前記第 2 電圧調整装置を制御する制御装置と、
を備え、

前記制御装置は、前記第 2 電圧調整装置における前記負荷側の 2 次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が所定の許容電圧値未満となる場合、あるいは、前記燃料電池から前記第 1 電圧調整装置に流れる燃料電池電流と当該燃料電池電流の指令値との差の絶対値が所定の許容電流値を超える場合、前記第 2 電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることを特徴とする電源システム。 10

【請求項 2】

請求項 1 記載の電源システムにおいて、
前記制御装置は、

前記第 1 電圧調整装置を電圧調整状態に維持しつつ、前記第 2 電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替えた後に、

前記 2 次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満になるときに、前記第 2 電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることを特徴とする電源システム。 20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の電源システムにおいて、

前記燃料電池電圧を検出する第 1 電圧センサと、前記 2 次電圧を検出する第 2 電圧センサとをさらに備え、

前記許容電圧値は、前記第 1 電圧センサの測定誤差と前記第 2 電圧センサの測定誤差との和であることを特徴とする電源システム。

【請求項 4】

請求項 1 記載の電源システムにおいて、 30

前記制御装置は、

前記第 1 電圧調整装置を電圧調整状態に維持しつつ、前記第 2 電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替えた後に、

前記第 2 電圧調整装置を直結状態に維持しつつ、前記第 1 電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替え、

前記燃料電池電流と前記指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超えるとときに、少なくとも前記第 2 電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることを特徴とする電源システム。

【請求項 5】

請求項 4 記載の電源システムにおいて、 40

前記制御装置は、前記第 2 電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えた場合、前記燃料電池電圧又は前記蓄電装置電圧と、前記 2 次電圧の制御誤差の許容値との和を前記 2 次電圧の指令値に設定することを特徴とする電源システム。

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の電源システムにおいて、

前記第 1 電圧調整装置は、前記燃料電池電圧を 2 次電圧に昇圧して前記負荷に印加する昇圧コンバータであり、

前記制御装置は、前記第 2 電圧調整装置の 2 次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満となる場合、あるいは、前記燃料電池電流と前記指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超える場合、前記第 2 電圧調整装置を直結状態から昇圧状態に切 50

り替えることを特徴とする電源システム。

【請求項 7】

請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の電源システムの前記負荷に、車両の駆動モータが含まれることを特徴とする燃料電池車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、燃料電池及び蓄電装置により負荷が駆動される電源システムと、当該電源システムが適用される燃料電池車両とに関する。

【背景技術】

10

【0002】

燃料電池が第 1 電圧調整装置を介して負荷に接続されると共に、蓄電装置が第 2 電圧調整装置を介して負荷に接続され、燃料電池及び蓄電装置により負荷が駆動される電源システムを備えた燃料電池車両が、例えば、特許文献 1 に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005-348530 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

ところで、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置は、スイッチング素子を有し、当該スイッチング素子がスイッチング動作を行うことにより、第 1 電圧調整装置が燃料電池電圧を調整して負荷に印加し、一方で、第 2 電圧調整装置が蓄電装置電圧を調整して負荷に印加する。このような電圧調整状態において、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置には、スイッチング動作に起因した電力損失が発生する。

【0005】

このような電力損失を低減するためには、第 1 電圧調整装置の燃料電池側と負荷側とを直結状態にしてスイッチング動作を停止し、一方で、第 2 電圧調整装置の蓄電装置側と負荷側とを直結状態にしてスイッチング動作を停止することが望ましい。しかしながら、第 1 電圧調整装置又は第 2 電圧調整装置を直結状態にすると、燃料電池電圧又は蓄電装置電圧を調整できなくなる。特に、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置の双方が直結状態の場合には、燃料電池電圧及び蓄電装置電圧の双方が制御不能となる。

30

【0006】

具体的に、第 2 電圧調整装置を直結状態にしつつ、第 1 電圧調整装置を電圧調整状態にすれば、当該第 1 電圧調整装置は、常にスイッチング動作（昇圧動作）を行う必要がある。この結果、第 1 電圧調整装置での昇圧動作に伴う電力損失の発生により、燃料電池から第 1 電圧調整装置を介して負荷に供給される電力量が低下してしまう。

【0007】

一方、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置の双方が直結状態であれば、電力損失を効果的に低減することが可能である。また、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置の双方が直結状態になって、燃料電池電圧及び蓄電装置電圧が制御不能になっても、ある程度の時間までは、燃料電池から第 1 電圧調整装置に流れる燃料電池電流が、当該燃料電池電流の指令値に追従して変化する場合がある。

40

【0008】

この発明は、このような種々の課題を考慮してなされたものであり、第 1 電圧調整装置及び第 2 電圧調整装置の双方が直結状態になることをできる限り回避することにより、電力損失を低減させつつ、燃料電池電圧及び蓄電装置電圧を安定に制御することができる電源システム、及び、当該電源システムを適用した燃料電池車両を提供することを目的とする。

50

【0009】

また、この発明は、第1電圧調整装置及び第2電圧調整装置の双方が直結状態になった場合に、燃料電池電力が制御不能の状態に至るまで直結状態を継続することにより、電力損失の低減を図ることができる電源システム、及び、当該電源システムを適用した燃料電池車両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】

【0010】

この発明は、燃料電池電圧を出力する燃料電池と、蓄電装置電圧を出力する蓄電装置と、負荷と、前記燃料電池電圧を調整して前記負荷に印加する第1電圧調整装置と、前記蓄電装置電圧を調整して前記負荷に印加する第2電圧調整装置と、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置を制御する制御装置とを備える電源システム、及び、当該電源システムを適用した燃料電池車両に関する。

10

【0011】

そして、上記の目的を達成するため、前記制御装置は、前記第2電圧調整装置における前記負荷側の2次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が所定の許容電圧値未満となる場合、あるいは、前記燃料電池から前記第1電圧調整装置に流れる燃料電池電流と当該燃料電池電流の指令値との差の絶対値が所定の許容電流値を超える場合、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替える。

【0012】

すなわち、この発明では、2つの特徴を有する。

20

【0013】

第1の特徴は、前記2次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満となる場合に、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることである。これにより、前記第1電圧調整装置と前記第2電圧調整装置との双方が直結状態になることを回避することができる。このように、前記燃料電池電圧、前記2次電圧（前記第2電圧調整装置が直結状態であるときの前記蓄電装置電圧）及び前記許容電圧値を考慮して、前記第2電圧調整装置に対するフィードフォワード制御（直結状態から電圧調整状態への切替制御）を実行するので、前記燃料電池電圧及び前記蓄電装置電圧の双方を安定に制御することが可能となる。また、前記第2電圧調整装置は、電圧調整状態に切り替わる前までは直結状態であるため、前記電源システム全体の電力損失の低減を図ることもできる。

30

【0014】

一方、第2の特徴は、前記燃料電池電流と当該燃料電池電流の指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超える場合には、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることである。すなわち、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が一時的に直結状態となった場合に、前記絶対値が前記許容電流値を超えて、前記指令値に対して前記燃料電池電流が追従できなくなるときには、前記燃料電池電流（燃料電池電力）に対する制御が不能になると判断し、前記第2電圧調整装置を電圧調整状態に切り替える。これにより、前記燃料電池電力が制御不能になる状態を検知するまで、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が直結状態を継続するので、直結状態の時間領域が拡大され、さらなる電力損失の低減を図ることができる。

40

【0015】

このように、この発明では、第1の特徴を有することで、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が直結状態になることをできる限り回避することで、電力損失を低減させつつ、前記燃料電池電圧及び前記蓄電装置電圧を安定に制御することができる。

【0016】

また、この発明では、第2の特徴を有することで、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が一時的に直結状態になった場合でも、前記燃料電池電力が制御不能の状態に至るまで直結状態を継続することにより、電力損失のさらなる低減を図ることが

50

できる。

【0017】

このように、この発明では、第1の特徴及び第2の特徴を有することにより、前記電源システムの商品性を向上させることができる。また、この発明では、前記電源システムを前記燃料電池車両に搭載し、前記負荷に駆動モータを含ませることにより、当該燃料電池車両の商品性も向上させることができる。

【0018】

ここで、第1の特徴について、より詳しく説明する。

【0019】

前記制御装置は、前記第1電圧調整装置を電圧調整状態に維持しつつ、前記第2電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替えた後に、前記2次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満になるときに、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることが好ましい。これにより、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が直結状態になることを確実に回避することができ、前記燃料電池電圧及び前記蓄電装置電圧に対する制御の安定性を確保することができる。

10

【0020】

また、前記電源システムは、前記燃料電池電圧を検出する第1電圧センサと、前記2次電圧を検出する第2電圧センサとをさらに備え、前記許容電圧値が前記第1電圧センサの測定誤差と前記第2電圧センサの測定誤差との和であることが好ましい。これにより、前記2次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満になるか否かを正確に判断することができるので、前記第2電圧調整装置を電圧調整装置から直結状態に的確に且つ効率よく切り替えることができる。

20

【0021】

次に、第2の特徴について、より詳しく説明する。

【0022】

前記制御装置は、前記第1電圧調整装置を電圧調整状態に維持しつつ、前記第2電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替えた後に、前記第2電圧調整装置を直結状態に維持しつつ、前記第1電圧調整装置を電圧調整状態から直結状態に切り替え、前記燃料電池電流と前記指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超えるとときに、少なくとも前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えることが好ましい。この場合、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が一時的に直結状態となるが、前記燃料電池電流と前記指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超えるとときに、少なくとも前記第2電圧調整装置を電圧調整状態に切り替える。これにより、直結状態の時間領域を容易に拡大して、電力損失のさらなる低減を図ることができる。

30

【0023】

また、前記制御装置は、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えた場合、前記燃料電池電圧又は前記蓄電装置電圧と、前記2次電圧の制御誤差の許容値との和を前記2次電圧の指令値に設定することが好ましい。すなわち、前記燃料電池電流の指令値に前記燃料電池電流が追従していない場合には、前記燃料電池電流に対する制御性が低下している。そこで、前記燃料電池電圧又は前記蓄電装置電圧に前記許容値を加算して前記2次電圧の指令値に設定することにより、前記第2電圧調整装置を直結状態から電圧調整状態に切り替えた後、前記蓄電装置電圧を速やかに昇圧させ、前記燃料電池電流に対する制御の安定性を速やかに確保することができる。

40

【0024】

なお、この発明において、前記第1電圧調整装置は、前記燃料電池電圧を2次電圧に昇圧して前記負荷に印加する昇圧コンバータであり、前記制御装置は、前記第2電圧調整装置の2次電圧と前記燃料電池電圧との差の絶対値が前記許容電圧値未満となる場合、あるいは、前記燃料電池電流と前記指令値との差の絶対値が前記許容電流値を超える場合、前記第2電圧調整装置を直結状態から昇圧状態に切り替えることが好ましい。

【発明の効果】

50

【0025】

この発明によれば、第1電圧調整装置及び第2電圧調整装置の双方が直結状態になることをできる限り回避することで、電力損失を低減させつつ、燃料電池電圧及び蓄電装置電圧を安定に制御することができる。

【0026】

また、この発明では、前記第1電圧調整装置及び前記第2電圧調整装置の双方が一時的に直結状態になった場合でも、燃料電池電力が制御不能の状態に至るまで直結状態を継続することにより、電力損失のさらなる低減を図ることができる。

【0027】

この結果、この発明では、電源システムの商品性を向上させることができる。また、この発明では、前記電源システムを燃料電池車両に搭載し、負荷に駆動モータを含ませることにより、当該燃料電池車両の商品性も向上させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】この実施形態に係るFCシステムが適用されたFC車両の概略全体構成図である。

【図2】この実施形態の動作（第1実施例）を説明するタイミングチャートを示す図である。

【図3】図2の第1実施例のフローチャートである。

【図4】図4A～図4Cは、負荷端電圧とFC電圧との関係を示す説明図である。

20

【図5】この実施形態の他の動作（第2実施例）を説明するタイミングチャートを示す図である。

【図6】図5の第2実施例のフローチャートである。

【図7】図6のフローチャートのステップS14の処理に用いられる電流差と制御誤差マージン電圧との関係を示すマップである。

【発明を実施するための形態】

【0029】

この発明に係る電源システム及び燃料電池車両について、好適な実施形態を、図1～図7を参照しながら、以下詳細に説明する。

【0030】

30

〔燃料電池車両10及び燃料電池システム12の概略全体構成〕

図1は、この実施形態に係る燃料電池車両10（以下、「FC車両10」ともいう。）の概略全体構成図であり、当該FC車両10に燃料電池システム12（以下、「FCシステム12」ともいう。）が適用される。

【0031】

FC車両10は、電源システムであるFCシステム12と、駆動モータ14（以下、「モータ14」ともいう。）と、負荷駆動回路16（以下、「INV16」ともいう。INV：Inverter.）とを有する。

【0032】

FCシステム12は、基本的には、一方の1次側1Sfに配置される燃料電池ユニット18（以下、「FCユニット18」ともいう。）と、他方の1次側1Sbに配置される高電圧バッテリー20（以下、「BAT20」ともいう。）と、1次側1Sfと2次側2S側との間に配置される昇圧コンバータ22（以下、「FCVCU22」ともいう。VCU：Voltage Control Unit）と、1次側1Sbと2次側2S側との間に配置される昇降圧コンバータ24（以下、「BATVCU24」ともいう。）と、電子制御装置26（以下、「ECU26」ともいう。ECU：Electric Control Unit）とを有する。なお、BATVCU24は、昇圧コンバータであってもよい。

40

【0033】

モータ14は、FCユニット18及びBAT20から供給される電力に基づいて駆動力

50

を生成し、当該駆動力によりトランスミッション 28 を通じて車輪 30 を回転させる。

【0034】

INV16 は、3 相ブリッジ型の構成とされ、直流／交流変換を行い、直流電圧である負荷駆動回路入力端電圧 V_{inv} [V]（以下、「負荷端電圧 V_{inv} 」ともいう。）を 3 相の交流電圧に変換してモータ 14 に供給する一方、モータ 14 の回生動作に伴う交流／直流変換後の負荷端電圧 V_{inv} を、BATVCU24 を通じて BAT20 に供給（充電）する。

【0035】

なお、この実施形態において、モータ 14 は、PM モータ（永久磁石同期モータ）を採用している。また、所定トルクでのモータ 14 の回転数を上げるために弱め界磁制御を適用してもよい。

10

【0036】

モータ 14 及び INV16 を併せて負荷 32 ともいう。實際上、負荷 32 には、モータ 14 等の他に、BATVCU24 等の FC 車両 10 内の各種の構成要素を含めることもできる。

【0037】

FC ユニット 18 は、FC34 を有する。FC34 は、例えば、固体高分子電解質膜をアノード電極とカソード電極とで両側から挟み込んで形成された燃料電池セルを積層した構造を有する。

【0038】

この場合、アノード電極に水素が供給されると、水素は、電極触媒上で水素イオン化され、電解質膜を介してカソード電極へと移動する。その移動の間に生じた電子が外部回路に取り出されることで、燃料電池電圧としての直流電圧 V_{fc} （以下、「FC 発電電圧 V_{fc} 」ともいう。）が発生し、電気エネルギーとして利用に供することができる。

20

【0039】

一方、カソード電極には、酸化剤ガスが供給される。そのため、カソード電極では、水素イオン、電子及び酸素ガスが反応して水が生成される。なお、FC34 に水素及び酸化剤ガスを給排する系統については公知であるため、ここでは、その詳細な説明を省略する。

【0040】

FC34 が発電した電力（以下、FC 発電電力 P_{fc} ともいう。 $P_{fc} = V_{fc} \times I_{fc}$ 、 I_{fc} : FC 発電電流）は、第 1 電圧調整装置としての FCVCU22 によって FC 発電電圧 V_{fc} が昇圧されるか、又は、FCVCU22 が直結状態とされることにより、負荷 32 としての INV16 及びモータ 14 に供給される（力行時）。

30

【0041】

また、燃料電池電力としての FC 発電電力 P_{fc} は、FC システム 12 の電力状況に応じて、第 2 電圧調整装置としての BATVCU24 を通じ、図示しない補機に供給される。さらに、FC 発電電力 P_{fc} は、FC システム 12 の電力状況に応じて、BATVCU24 を通じ、充電用として BAT20 に供給される。さらにまた、FC 発電電力 P_{fc} は、FC システム 12 の電力状況に応じて、BATVCU24 及び図示しない降圧コンバータを通じ、ECU26 や各種センサ等の低電圧駆動の補機等に供給される。

40

【0042】

一方、BAT20 からの電力（以下、BAT 電力 P_{bat} ともいう。）は、BATVCU24 によってバッテリー電圧 V_b が昇圧されるか、又は、BATVCU24 が直結状態とされることにより、INV16 及びモータ 14 に供給される（力行時）。また、BAT 電力 P_{bat} は、FC システム 12 の電力状況に応じて、図示しない補機に供給され、さらには、降圧コンバータを通じて低電圧バッテリー等に供給される。低電圧バッテリーの電力は、ECU26 及び補機等に供給される。

【0043】

なお、BAT20 は、複数のバッテリーセルを含む蓄電装置（エネルギーストレージ）であ

50

り、例えば、リチウムイオン２次電池、ニッケル水素２次電池又はキャパシタ等を利用することができる。この実施形態では、リチウムイオン２次電池を利用している。

【００４４】

ＦＣＶＣＵ２２は、図１で模式的に示すように、インダクタ２２ａ、スイッチング素子２２ｂ及びダイオード２２ｃを含み構成され、ＥＣＵ２６を通じてスイッチング素子２２ｂがスイッチング状態（デューティ制御）とされることで、ＦＣ発電電圧 V_{fc} を２次電圧としての負荷端電圧 V_{inv} に昇圧する。

【００４５】

ここで、スイッチング素子２２ｂがオフ状態（開状態）に維持されると、当該スイッチング素子２２ｂがスイッチング動作を行っていない状態となり、インダクタ２２ａ及びダイオード２２ｃを通じて、ＦＣ３４と負荷３２とが直結状態とされ、負荷端電圧 V_{inv} がＦＣ発電電圧 V_{fc} に直結される（ $V_{inv} = V_{fc} - V_d$ 、 $V_d \ll V_{fc}$ 、 V_d ：ダイオード２２ｃの順方向電圧降下電圧）。この場合、ダイオード２２ｃは、昇圧用又は直結用且つ逆流防止用として動作する。従って、ＦＣＶＣＵ２２は、昇圧動作（力行時等）の他に逆流防止動作、直結動作（力行時等）を行う。

【００４６】

一方、ＢＡＴＶＣＵ２４は、インダクタ２４ａと、スイッチング素子２４ｂ、２４ｄと、これらスイッチング素子２４ｂ、２４ｄにそれぞれ並列に接続されるダイオード２４ｃ、２４ｅとから構成される。この場合、昇圧時には、ＥＣＵ２６により、スイッチング素子２４ｄがオフ状態とされ、スイッチング素子２４ｂがスイッチング（デューティ制御）されることでバッテリー電圧 V_b （蓄電装置電圧）が２次電圧としての負荷端電圧 V_{inv} まで昇圧される（力行時）。

【００４７】

一方、降圧時には、ＥＣＵ２６により、スイッチング素子２４ｂがオフ状態とされ、スイッチング素子２４ｄがスイッチング（デューティ制御）されることで、負荷端電圧 V_{inv} がＢＡＴ２０のバッテリー電圧 V_b まで降圧される（回生充電時、あるいはＦＣ３４による充電時）。また、スイッチング素子２４ｂをオフ状態、スイッチング素子２４ｄをオン状態とすることで、ＢＡＴ２０と負荷３２とが直結状態（ＢＡＴ直結状態という。力行時、充電時、又は補機負荷等の駆動時）とされる。

【００４８】

ＢＡＴ直結状態においては、ＢＡＴ２０のバッテリー電圧 V_b が負荷端電圧 V_{inv} になる（ $V_b = V_{inv}$ ）。實際上、ＢＡＴ直結状態におけるＢＡＴ２０による力行時の負荷端電圧 V_{inv} は、「 V_b －ダイオード２４ｅの順方向降下電圧」となり、充電時（回生時含む）の負荷端電圧 V_{inv} は、「 $V_{inv} = V_b +$ スイッチング素子２４ｄのオン電圧＝ V_b （スイッチング素子２４ｄのオン電圧を０〔Ｖ〕と仮定した場合。）」になる。

【００４９】

なお、図１のＦＣＶＣＵ２２及びＢＡＴＶＣＵ２４において、１次側１Ｓｆ、１Ｓｂ、及び、２次側２Ｓ間に配置される平滑コンデンサについては、図示を省略している。

【００５０】

ＦＣ３４は、ＦＣ発電電圧 V_{fc} がＦＣ開放端電圧 V_{fcocv} より低下するに従い、出力電流としてのＦＣ発電電流 I_{fc} が増加する図示しない公知の電流電圧特性（ＩＶ特性）を有する。

【００５１】

そのため、ＦＣＶＣＵ２２の直結時においては、ＦＣ３４のＦＣ発電電圧 V_{fc} が、昇圧状態（スイッチング状態）のＢＡＴＶＣＵ２４の昇圧比（ V_{inv}/V_b ）で決定される負荷端電圧 V_{inv} 〔ＢＡＴＶＣＵ２４の指令電圧（目標電圧）になる。〕により制御される。そのため、ＦＣ発電電圧 V_{fc} が決定されると、ＩＶ特性に沿ってＦＣ発電電流 I_{fc} が制御（決定）される。

【００５２】

また、ＦＣＶＣＵ２２の昇圧時においては、ＦＣＶＣＵ２２の１次側１Ｓｆの電圧、す

10

20

30

40

50

なわち、FC発電電圧 V_{fc} がFCVCU22の指令電圧（目標電圧）とされ、IV特性に沿ってFC発電電流 I_{fc} が決定される。これにより、所望の負荷端電圧 V_{inv} となるようにFCVCU22の昇圧比（ V_{inv}/V_{fc} ）が決定される。

【0053】

さらに、BATVCU24の回生時直結状態においては、FC34のFC発電電圧 V_{fc} が、FCVCU22の指令電圧（目標電圧）とされる。これにより、負荷端電圧 V_{inv} の変化に応じてFCVCU22の昇圧比（ V_{inv}/V_{fc} ）が変化するように決定され、IV特性に沿ってFC発電電流 I_{fc} が制御（決定）される。

【0054】

さらにまた、BATVCU24の力行時直結状態においては、FC34のFC発電電圧 V_{fc} が、FCVCU22の指令電圧（目標電圧）とされる。これにより、負荷端電圧 V_{inv} の変化に応じてFCVCU22の昇圧比（ V_{inv}/V_{fc} ）が変化するように決定され、FC発電電流 I_{fc} が制御（決定）される。

【0055】

なお、FCVCU22とBATVCU24との同時直結状態は、FC発電電圧 V_{fc} 及びバッテリー電圧 V_b の調整による負荷端電圧 V_{inv} の制御が不能となったり、FC34及びBAT20を劣化させたり、損傷させる可能性があるので、できる限り回避されることが好ましい。

【0056】

この実施形態において、モータ要求電力 $P_{mot req}$ が正である力行時には、FCVCU22が直結状態にされ、FC発電電圧 V_{fc} になっている負荷端電圧 V_{inv} がBATVCU24の指令電圧（目標電圧）である負荷端指令電圧 $V_{inv com}$ にされる。この場合、モータ要求電力 $P_{mot req}$ の正方向への増加に応じて、負荷端指令電圧 $V_{inv com}$ が低下される、換言すれば、FC発電電圧 V_{fc} が低下されることでFC発電電流 I_{fc} が増加され（FC発電電力 P_{fc} が増加され）、INV16を通じて駆動モータ14に供給されると共に、BATVCU24を通じてBAT20が充電され、且つ、補機に供給される。

【0057】

また、モータ要求電力 $P_{mot req}$ が負である回生時には、回生電力をなるべくBAT20に取り込むべく（充電量を大きくすべく）、FC発電電圧 V_{fc} は、比較的小さなFC発電電流 I_{fc} を発電する比較的高い一定値の発電電圧に設定される。この場合において、バッテリー電圧 V_b がFC発電電圧 V_{fc} 以下（ $V_b \leq V_{fc}$ ）の値である場合、BATVCU24の目標電圧（2次側電圧）が負荷端指令電圧 $V_{inv com}$ とされ所定のFC発電電圧 V_{fc} に固定される。

【0058】

一方、モータ要求電力 $P_{mot req}$ が負である回生時であっても、バッテリー電圧 V_b がFC発電電圧 V_{fc} を上回る（ $V_b > V_{fc}$ ）値となった場合、回生電力をなるべくBAT20に取り込むべく（充電量を大きくすべく）、BATVCU24は、スイッチング状態からBATVCU24の直結状態に移行され、この後、負荷端指令電圧 $V_{inv com}$ がバッテリー電圧 V_b とされ、バッテリー電圧 V_b は、前記回生電力の充電により徐々に増加する。

【0059】

BATVCU24が、スイッチング状態からBATVCU24の直結状態に移行するのに同期して、FCVCU22は、直結状態からスイッチング状態に移行し、このFCVCU22のスイッチング状態での2次側電圧制御により、負荷端指令電圧 $V_{inv com}$ を増加させ、この増加に応じてバッテリー電圧 V_b を順次増加させることができる。

【0060】

FC発電電圧 V_{fc} は、電圧センサ36により検出され、FC発電電流 I_{fc} は、電流センサ38により検出される。また、バッテリー電圧 V_b は、電圧センサ40により検出され、バッテリー電流 I_b は、電流センサ42により検出される。さらに、負荷端電圧 V_{inv}

vは、電圧センサ44により検出される。

【0061】

ECU26は、通信線46を介して、モータ14、INV16、FCユニット18、BAT20、FCVCU22及びBATVCU24を制御する。ECU26には、通信線46を介して、電圧センサ36が検出したFC発電電圧Vfc、電流センサ38が検出したFC発電電流Ifc、電圧センサ40が検出したバッテリー電圧Vb、電流センサ42が検出したバッテリー電流Ib、及び、電圧センサ44が検出した負荷端電圧Vin vが入力される。

【0062】

上記の制御に際して、ECU26は、図示しないメモリ（ROM）に格納されたプログラムを実行し、また、FC発電電圧Vfc、FC発電電流Ifc、バッテリー電圧Vb、バッテリー電流Ib、負荷端電圧Vin v、2次電流I2、モータ電流Im等の各種センサの検出値を用いる。

【0063】

ここでの各種センサには、上述した電圧センサ36、40、44及び電流センサ38、42以外にも、開度センサ48及びモータ回転数センサ50が含まれる。開度センサ48は、アクセルペダル52の開度 θp 〔度、deg〕を検出する。モータ回転数センサ50は、モータ14の回転数（以下「モータ回転数Nm」又は「回転数Nm」という。）〔rpm〕を検出する。従って、ECU26は、回転数Nmに基づいてFC車両10の車速V〔km/h〕を検出可能である。なお、モータ回転数センサ50は、車速センサを兼用するが別途設けてもよい。

【0064】

さらに、ECU26には、メインスイッチ54（以下「メインSW54」という。）が接続される。メインSW54は、内燃機関自動車のイグニッションスイッチに相当するものであり、FCユニット18及びBAT20からモータ14への電力供給の可否を切り替えるものであり、ユーザにより操作可能である。メインSW54がオン状態にされるとFC34が発電状態となり、オフ状態にされると発電停止状態となる。

【0065】

ECU26は、マイクロコンピュータを含む計算機であり、CPU（中央処理装置）、メモリであるROM（EEPROMも含む。）、RAM（ランダムアクセスメモリ）、その他、A/D変換器、D/A変換器等の入出力装置、計時部としてのタイマ等を有しており、CPUがROMに記録されているプログラムを読み出し実行することで各種機能実現部（機能実現手段）、例えば、制御部、演算部、及び、処理部等として機能する。なお、ECU26は、1つのECUのみからなるのではなく、モータ14、FCユニット18、BAT20、FCVCU22及びBATVCU24毎の複数のECUから構成することもできる。

【0066】

ECU26は、FC34の状態、BAT20の状態及びモータ14の状態の他、各種スイッチ及び各種センサからの入力（負荷要求）に基づき決定したFC車両10全体としてFCシステム12に要求される負荷から、FC34が負担すべき負荷と、BAT20が負担すべき負荷と、回生電源（モータ14）が負担すべき負荷の配分（分担）を調停しながら決定し、モータ14、INV16、FCユニット18、BAT20、FCVCU22及びBATVCU24に指令を送出する。

【0067】

[ECU26によるFCシステム12の制御の説明]

この実施形態に係るFC車両10及びFCシステム12は、以上のように構成される。

【0068】

次に、FC車両10及びFCシステム12の動作例（第1実施例、第2実施例）について、図2～図7を参照しながら説明する。ここでは、必要に応じて、図1も参照しながら説明する。また、この動作例では、図2及び図5に示すように、FC車両10の加速走行

時、クルーズ走行時及び減速走行時における、FCVCU22及びBATVCU24の直結状態又は昇降圧状態（昇圧状態）への切替制御について説明する。従って、それ以外の制御についての詳細な説明については省略する。

【0069】

〔第1実施例〕

第1実施例（第1の特徴）は、FC車両10が時間経過に伴って加速走行、クルーズ走行、及び、減速走行を行う場合に、クルーズ走行時にBATVCU24を直結状態にすると共にFCVCU22の昇圧動作を継続し、その後、BATVCU24の直結状態を解除することにより、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態になることを回避するものである。

10

【0070】

すなわち、図2のタイミングチャートにおいて、時点t0から時点t1までの加速走行時には、BAT20及びFC34の双方から負荷32に電力供給を行うべく、FCVCU22及びBATVCU24の双方が昇圧動作を行う。この時間帯では、 $V_b > V_{fc}$ であり、且つ、 $V_{inv} > V_{fc}$ である。

【0071】

また、図2において、負荷端電圧 V_{inv} を示す太い実線を挟んで上下に図示された細い二点鎖線の間の帯状の部分は、電圧センサ44の測定誤差範囲を示す。すなわち、図4Aに示すように、電圧センサ44は、検出した負荷端電圧 V_{inv} （太い実線）に対して上下に $\pm V_{inve}$ だけの測定誤差（誤差電圧）を有する。

20

【0072】

一方、図2において、FC発電電圧 V_{fc} を示す太い一点鎖線の上下に図示された細い破線の間の帯状の部分は、電圧センサ36の測定誤差範囲を示す。この場合、図4Aに示すように、電圧センサ36は、検出したFC発電電圧 V_{fc} （太い一点鎖線）に対して上下に $\pm V_{fce}$ だけの測定誤差（誤差電圧）を有する。

【0073】

そして、ECU26では、図2のタイミングチャートの時間帯において、図3のフローチャートの処理を繰り返し実行する。

【0074】

すなわち、時点t0から時点t1までの加速走行時に、ECU26は、先ず、ステップS1において、電圧センサ44が検出した負荷端電圧 V_{inv} と、電圧センサ36が検出したFC発電電圧 V_{fc} との差の絶対値 V_d （ $V_d = |V_{inv} - V_{fc}|$ 、以下「電圧差 V_d 」ともいう。）を算出する。

30

【0075】

次に、ECU26は、電圧差 V_d がセンサマージン電圧（許容電圧値） V_{smg} 未満であるか否かを判定する。ここで、センサマージン電圧 V_{smg} とは、図4Bに示すように、電圧センサ44の誤差電圧 V_{inve} と電圧センサ36の誤差電圧 V_{fce} との和である（ $V_{smg} = V_{inve} + V_{fce}$ ）。

【0076】

図2及び図4Aに示すように、加速走行時には、 $V_{inv} > V_{fc}$ 且つ $V_b > V_{fc}$ であると共に、電圧センサ44の測定誤差範囲である（ $V_{inv} - V_{inve}$ ）～（ $V_{inv} + V_{inve}$ ）の電圧範囲と、電圧センサ36の測定誤差範囲である（ $V_{fc} - V_{fce}$ ）～（ $V_{fc} + V_{fce}$ ）の電圧範囲とが重なり合わない。従って、ECU26は、電圧差 V_d がセンサマージン電圧 V_{smg} 以上であると判定する（ $V_d \geq V_{smg}$ 、ステップS1：NO）。

40

【0077】

この結果、ECU26は、ステップS2において、FCVCU22及びBATVCU24に対して所定の昇圧比を設定し、設定した昇圧比で昇圧動作を行うようにFCVCU22及びBATVCU24を制御する（通常の制御）。なお、ステップS2の通常の制御とは、BATVCU24の直結状態を含むECU26による制御をいう。

50

【0078】

そして、時点 t_1 で、FC車両10は、加速走行からクルーズ走行に切り替わる。クルーズ走行時、FC車両10は一定の車速 V で走行するため、BAT20及びFC34から負荷32に供給される電力を少なくすることができる。従って、FCVCU22は、FC発電電圧 V_{fc} を昇圧して、FC34から取り出すFC発電電力 P_{fc} を小さくする。

【0079】

また、BATVCU24は、時点 t_1 から時点 t_2 にかけて負荷端電圧 V_{inv} を降圧し、時点 t_2 で1次側1Sbと2次側2Sとの間を直結状態にする。BATVCU24が直結状態になることで、スイッチング素子24bがオフ状態を維持すると共に、スイッチング素子24dがオン状態を維持することになる。このように、各スイッチング素子24b、24dのスイッチング動作が停止することにより、BATVCU24での電力損失を低減することが可能となる。

10

【0080】

なお、クルーズ走行時でも、図3のフローチャートの処理が繰り返し実行される。この場合、時点 $t_1 \sim t_3$ までは、加速走行時と同様に、負荷端電圧 V_{inv} の測定誤差範囲とFC発電電圧 V_{fc} の測定誤差範囲とが重なり合うことがないため、ECU26は、ステップS1、S2の処理を繰り返し実行する。

【0081】

その後、時点 t_3 において、図2及び図4Bに示すように、負荷端電圧 V_{inv} の測定誤差範囲の下限とFC発電電圧 V_{fc} の測定誤差範囲の上限とが略一致し、 $V_d < V_{smg}$ となった場合、ECU26は、FCVCU22の直結状態を継続すれば、図4Cに示す $V_d < V_{smg}$ の状態となり、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態になって、FC発電電圧 V_{fc} 及びバッテリー電圧 V_b （負荷端電圧 V_{inv} ）に対する制御が不能になる可能性があるものと判定する（ステップS1：YES）。

20

【0082】

そして、次のステップS3において、ECU26は、BATVCU24の直結状態を解除し、スイッチング素子24b、24dによるスイッチング動作を再開するように当該BATVCU24を制御する。

【0083】

これにより、時点 t_3 から時点 t_4 にかけて、ECU26は、図4Bに示す負荷端電圧 V_{inv} の測定誤差範囲の下限とFC発電電圧 V_{fc} の測定誤差範囲の上限とが略一致する状態（ $V_d < V_{smg}$ の状態）を維持するような昇圧比を設定し、設定した昇圧比で昇圧動作を行うように、FCVCU22及びBATVCU24をそれぞれ制御する。この結果、時点 t_4 で、FC車両10がクルーズ走行から減速走行に切り替わっても、ECU26は、 $V_d < V_{smg}$ の状態を維持しつつ、FCVCU22及びBATVCU24に昇圧動作を実行させることができる。

30

【0084】

なお、FC発電電圧 V_{fc} を昇圧して、FC発電電圧 V_{fc} と負荷端電圧 V_{inv} との差（電圧差 V_d ）が小さくなると、図示しないIV特性上、FCVCU22は、高電圧領域（低負荷領域）において、FC発電電圧 V_{fc} を僅かに昇圧できるに過ぎず、FC発電電力 P_{fc} を制御し辛くなる。

40

【0085】

減速走行時でも、図3のフローチャートの処理が繰り返し実行される。この場合、時点 t_4 以降、ECU26は、ステップS1、S3の処理を繰り返し実行する。これにより、負荷端電圧 V_{inv} 及びFC発電電圧 V_{fc} は、 $V_d < V_{smg}$ の関係を維持しつつ、時点 t_4 から時点 t_5 までは昇圧され、時点 t_5 以降、一定の電圧値を維持する。従って、減速走行時でも、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態になることを回避することができる。

【0086】

なお、減速走行時、BAT20は、負荷32の回生電力を、BATVCU24を介して

50

取り込むと共に、FC34からの電力を、BATVCU24を介して取り込む。これにより、BAT20の充電量(SOC)が高くなる。

【0087】

[第2実施例]

第2実施例(第2の特徴)は、FC車両10が時間経過に伴って加速走行、クルーズ走行、及び、減速走行を行う場合に、クルーズ走行時にBATVCU24を直結状態にすると共にFCVCU22の昇圧動作を継続し、その後、減速走行時に、FCVCU22及びBATVCU24の双方を一時的に直結状態にして、FC発電電流 I_{fc} が、当該FC発電電流 I_{fc} の指令電流(目標電流)であるFC発電電流指令値 I_{fccom} に追従しない場合(FC発電電流 I_{fc} に対する制御が不能になる場合)に、BATVCU24の直結状態を解除する。つまり、第2実施例は、FCシステム12のさらなる電力損失の低減を図るため、FCVCU22及びBATVCU24を敢えて一時的に直結状態にするものである。

10

【0088】

すなわち、図5のタイミングチャートにおいて、時点 t_{10} から時点 t_{11} までの加速走行時には、BAT20及びFC34の双方から負荷32に電力供給を行うべく、FCVCU22及びBATVCU24の双方が昇圧動作を行う。この時間帯では、 $V_b > V_{fc}$ であり、且つ、 $V_{inv} > V_{fc}$ であると共に、FC発電電流指令値 I_{fccom} に対してFC発電電流 I_{fc} が追従する。

【0089】

20

そして、ECU26では、図5のタイミングチャートの時間帯において、図6のフローチャートの処理を繰り返し実行する。

【0090】

すなわち、時点 t_{10} から時点 t_{11} までの加速走行時に、ECU26は、先ず、ステップS11において、FC発電電流指令値 I_{fccom} と、電流センサ38が検出したFC発電電流 I_{fc} との差の絶対値 I_d ($I_d = |I_{fccom} - I_{fc}|$ 、以下「電流差 I_d 」ともいう。)を算出する。

【0091】

次に、ECU26は、電流差 I_d が許容電流値 I_{fcth} を超えるか否かを判定する。ここで、許容電流値 I_{fcth} とは、FC発電電流指令値 I_{fccom} に対してFC発電電流 I_{fc} が追従していると判定できる許容範囲の上限をいう。

30

【0092】

この場合、図5に示すように、加速走行時には、 $I_{fc} < I_{fccom}$ であるため、ECU26は、FC発電電流 I_{fc} がFC発電電流指令値 I_{fccom} に追従していると判定する($I_d \leq I_{fcth}$ 、ステップS11:NO)。

【0093】

この結果、ECU26は、ステップS12において、FCVCU22及びBATVCU24に対して所定の昇圧比を設定し、設定した昇圧比で昇圧動作を行うようにFCVCU22及びBATVCU24を制御する(通常の制御)。なお、ステップS12の通常の制御とは、BATVCU24の直結状態を含むECU26による制御をいう。

40

【0094】

そして、時点 t_{11} で、FC車両10は、加速走行からクルーズ走行に切り替わる。クルーズ走行時には、FC車両10は一定の車速 V で走行し、BAT20及びFC34から負荷32に供給される電力を少なくすることができるので、FCVCU22は、FC発電電圧 V_{fc} を昇圧して、FC34から取り出すFC発電電力 P_{fc} を小さくする。これに伴い、FC発電電流指令値 I_{fccom} は、時間経過に伴い低下し、FC発電電流 I_{fc} は、FC発電電流指令値 I_{fccom} に追従して低下する。

【0095】

また、BATVCU24は、時点 t_{11} から時点 t_{12} にかけて負荷端電圧 V_{inv} を降圧し、時点 t_{12} で1次側1Sbと2次側2Sとの間を直結状態にする。BATVCU

50

24が直結状態になることで、スイッチング素子24bがオフ状態を維持し、且つ、スイッチング素子24dがオン状態を維持することになるので、各スイッチング素子24b、24dのスイッチング動作が停止する。この結果、BATVCU24での電力損失を低減することが可能となる。

【0096】

なお、クルーズ走行時でも、図6のフローチャートの処理が繰り返し行われる。この場合、時点t12～t13までは、加速走行時と同様に、FC発電電流I_{fc}がFC発電電流指令値I_{fccom}に追従しているので、ECU26は、ステップS11、S12の処理を繰り返し実行する。

【0097】

時点t13で、FC車両10がクルーズ走行から減速走行に切り替わった場合、時点t13から時点t14までは、クルーズ走行時と同様に、BATVCU24が直結状態を維持する一方で、FCVCU22が昇圧状態を継続する。なお、減速走行時でも、ECU26は、図6の処理を繰り返し実行していることは勿論である。

【0098】

その後、時点t14において、負荷端電圧V_{inv}とFC発電電圧V_{fc}とが略一致し（ $V_{fc} = V_{inv} = V_b$ ）、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態となると、FCVCU22及びBATVCU24は、スイッチング動作を停止するため、ECU26は、FC発電電圧V_{fc}、バッテリー電圧V_b及び負荷端電圧V_{inv}を制御することができなくなる（制御不能となる）。この結果、時点t14から時点t15までの時間帯において、FC発電電圧V_{fc}及び負荷端電圧V_{inv}が上昇する。

【0099】

但し、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態になることで、電力損失のさらなる低減を図ることができる。また、t14～t15の時間帯では、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態になり、FC発電電圧V_{fc}、バッテリー電圧V_b及び負荷端電圧V_{inv}が制御不能であっても、FC発電電流I_{fc}は、FC発電電流指令値I_{fccom}に追従して低下している。

【0100】

その後、時点t15から時点t16の時間帯において、FCVCU22及びBATVCU24の双方が直結状態を維持し、負荷端電圧V_{inv}が一定値を維持している場合、FC発電電流指令値I_{fccom}は、時間経過に伴って僅かに低下する一方で、FC発電電流I_{fc}は、時間経過に伴って上昇する。

【0101】

そして、時点t16で電流差I_dが許容電流値I_{fc th}を超える場合（ $I_d > I_{fc th}$ 、ステップS11：YES）、ECU26は、FCVCU22及びBATVCU24の直結状態を継続すれば、FC発電電流I_{fc}がFC発電電流指令値I_{fccom}に追従しなくなると判定する。

【0102】

そして、次のステップS13において、ECU26は、BATVCU24の直結状態を解除し、スイッチング素子24b、24dによるスイッチング動作を再開するように当該BATVCU24を制御する。

【0103】

この場合、ステップS14において、ECU26は、図7に示すマップを参照し、電流差I_dに応じた制御誤差マージン電圧V_{cmg}を特定する。ここで、制御誤差マージン電圧V_{cmg}とは、BATVCU24による負荷端電圧V_{inv}の制御誤差の許容値である。

【0104】

そして、ECU26は、FC発電電圧V_{fc}とバッテリー電圧V_bとのうち、いずれか大きい電圧と、制御誤差マージン電圧V_{cmg}との和を負荷端指令電圧V_{inv com}（ $V_{inv com} = \text{MAX}(V_{fc}, V_b) + V_{cmg}$ ）に設定し、負荷端指令電圧V_{inv}

10

20

30

40

50

c o mに応じた昇圧比で昇圧動作を行うようにB A T V C U 2 4を制御する。

【0105】

すなわち、B A T V C U 2 4の直結状態を解除して昇降圧動作を行わせる場合に、F C発電電圧V f cと負荷端電圧V i n vとの差が小さいと、負荷端電圧V i n vの制御性が低くなる。また、直結状態を解除した直後は、電流差I dが大きく、F C発電電流I f cに対する制御性が低くなっている。そこで、上記のように、負荷端指令電圧V i n v c o mをできる限り大きく設定して、負荷端電圧V i n vを上昇させるようにB A T V C U 2 4を制御することで、負荷端電圧V i n vに対する制御性を向上させるようにしている。

【0106】

これにより、時点t 1 6から時点t 1 7にかけて、B A T V C U 2 4の昇圧動作により負荷端電圧V i n vが上昇する。この結果、時点t 1 7以降、F C発電電流I f cは、F C発電電流指令値I f c c o mに追従するように変化する。すなわち、時点t 1 6以降、E C U 2 6は、F C発電電流I f cをF C発電電流指令値I f c c o mに追従させるフィードバック制御により、B A T V C U 2 4の昇圧動作を実行させる。

【0107】

なお、時点t 1 4から時点t 1 6までは、F C発電電圧V f c、バッテリー電圧V b及び負荷端電圧V i n vのいずれもが制御不能となる。そのため、ステップS 1 4において、E C U 2 6は、F C発電電圧V f c及びバッテリー電圧V bのうち、いずれか大きな電圧と、制御誤差マージン電圧V c m gとの和を負荷端指令電圧V i n v c o mとして設定する。

【0108】

[この実施形態の効果]

以上説明したように、この実施形態に係るF C車両1 0及びF Cシステム1 2によれば、E C U 2 6は、B A T V C U 2 4における2次側2 Sの負荷端電圧V i n vと1次側1 S bのF C発電電圧V f cとの差の絶対値（電圧差V d）がセンサマージン電圧V s m g未満となる場合、あるいは、F C 3 4からF C V C U 2 2に流れるF C発電電流I f cとF C発電電流指令値I f c c o mとの差の絶対値（電流差I d）が許容電流値I f c t hを超える場合に、B A T V C U 2 4を直結状態から昇降圧状態に切り替える。

【0109】

すなわち、この実施形態では、2つの特徴を有する。

【0110】

第1の特徴（第1実施例）は、電圧差V dがセンサマージン電圧V s m g未満となる場合（ $V d < V s m g$ ）に、B A T V C U 2 4を直結状態から昇降圧状態に切り替えることである。これにより、F C V C U 2 2とB A T V C U 2 4との双方が直結状態になることを回避することができる。

【0111】

このように、E C U 2 6は、F C発電電圧V f c、負荷端電圧V i n v（B A T V C U 2 4が直結状態であるときのバッテリー電圧V b）及びセンサマージン電圧V s m gを考慮して、B A T V C U 2 4に対するフィードフォワード制御（直結状態から昇降圧状態への切替制御）を実行する。この結果、F C発電電圧V f c及びバッテリー電圧V bの双方を安定に制御することが可能となる。また、B A T V C U 2 4は、昇降圧状態に切り替わる前までは直結状態であるため、F Cシステム1 2全体の電力損失の低減を図ることもできる。

【0112】

一方、第2の特徴（第2実施例）は、電流差I dが許容電流値I f c t hを超える場合（ $I d > I f c t h$ ）には、B A T V C U 2 4を直結状態から昇降圧状態に切り替えることである。

【0113】

すなわち、F C V C U 2 2及びB A T V C U 2 4の双方が一時的に直結状態となった場合に、電流差I dが許容電流値I f c t hを超えて、許容電流値I f c t hに対してF C

10

20

30

40

50

発電電流 I_{fc} が追従できなくなるときには、FC 発電電流 I_{fc} (FC 発電電力 P_{fc}) に対する制御が不能になると判断し、BATVCU24 を昇降圧状態に切り替える。

【0114】

これにより、FC 発電電力 P_{fc} が制御不能になる状態を検知するまで、FCVCU22 及び BATVCU24 の双方が直結状態を継続するので、直結状態の時間領域が拡大され、すなわち、図2の $t_2 \sim t_3$ の時間帯と比較して、図5の $t_{12} \sim t_{14}$ の時間帯まで拡大され、さらなる電力損失の低減を図ることができる。

【0115】

このように、この実施形態では、第1の特徴を有することで、FCVCU22 及び BATVCU24 の双方が直結状態になることをできる限り回避することで、電力損失を低減させつつ、FC 発電電圧 V_{fc} 、バッテリー電圧 V_b 及び負荷端電圧 V_{inv} を安定に制御することができる。

10

【0116】

また、この実施形態では、第2の特徴を有することで、FCVCU22 及び BATVCU24 の双方が一時的に直結状態になった場合でも、FC 発電電力 P_{fc} が制御不能の状態に至るまで直結状態を継続することにより、電力損失のさらなる低減を図ることができる。

【0117】

このように、この実施形態では、第1の特徴及び第2の特徴を有することにより、FC システム12の商品性を向上させることができる。また、この実施形態では、FC システム12をFC車両10に搭載し、負荷32にモータ14を含ませることにより、FC車両10の商品性も向上させることができる。

20

【0118】

また、上記の第1の特徴に関し、ECU26は、FCVCU22を昇圧状態に維持しつつ、BATVCU24を昇降圧状態から直結状態に切り替えた後に、電圧差 V_d がセンサマージン電圧 V_{smg} 未満となるときに、BATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替える。これにより、FCVCU22 及び BATVCU24 の双方が直結状態になることを確実に回避することができ、FC 発電電圧 V_{fc} 、バッテリー電圧 V_b 及び負荷端電圧 V_{inv} に対する制御の安定性を確保することができる。

【0119】

また、センサマージン電圧 V_{smg} が、FC 発電電圧 V_{fc} を検出する電圧センサ36の測定誤差と、負荷端電圧 V_{inv} を検出する電圧センサ44の測定誤差との和であるので、電圧差 V_d がセンサマージン電圧 V_{smg} 未満になるか否かを正確に判断することができ、BATVCU24を昇降圧状態から直結状態に的確に且つ効率よく切り替えることができる。

30

【0120】

上記の第2の特徴に関し、ECU26は、FCVCU22を昇圧状態に維持しつつ、BATVCU24を昇降圧状態から直結状態に切り替えた後に、BATVCU24を直結状態に維持しつつ、FCVCU22を昇降圧状態から直結状態に切り替え、さらに、電流差 I_d が許容電流値 I_{fcth} を超えるときに、少なくともBATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替える。この場合、FCVCU22 及び BATVCU24 の双方が一時的に直結状態となるが、電流差 I_d が許容電流値 I_{fcth} を超えるときに、少なくともBATVCU24を昇降圧状態に切り替える。これにより、直結状態の時間領域を容易に拡大して、電力損失のさらなる低減を図ることができる。

40

【0121】

なお、図5の時点 t_{16} でBATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替える際、FCVCU22については、直結状態を継続してもよいし、又は、昇圧状態に切り替えてもよい。

【0122】

また、ECU26は、BATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替えた場合、

50

FC発電電圧 V_{fc} 又はバッテリー電圧 V_b のうち、いずれか大きな電圧と、制御誤差マージン電圧 V_{cmg} との和を、負荷端指令電圧 V_{invcom} に設定する。すなわち、FC発電電流指令値 I_{fccom} にFC発電電流 I_{fc} が追従していない場合には、FC発電電流 I_{fc} に対する制御性が低下している。そこで、FC発電電圧 V_{fc} 又はバッテリー電圧 V_b のうち、いずれか大きな電圧に制御誤差マージン電圧 V_{cmg} を加算して負荷端指令電圧 V_{invcom} に設定すれば、BATVCU24を直結状態から昇降圧状態に切り替えた後、バッテリー電圧 V_b を速やかに昇圧させ、FC発電電流 I_{fc} （FC発電電力 P_{fc} ）に対する制御の安定性を速やかに確保することができる。

【0123】

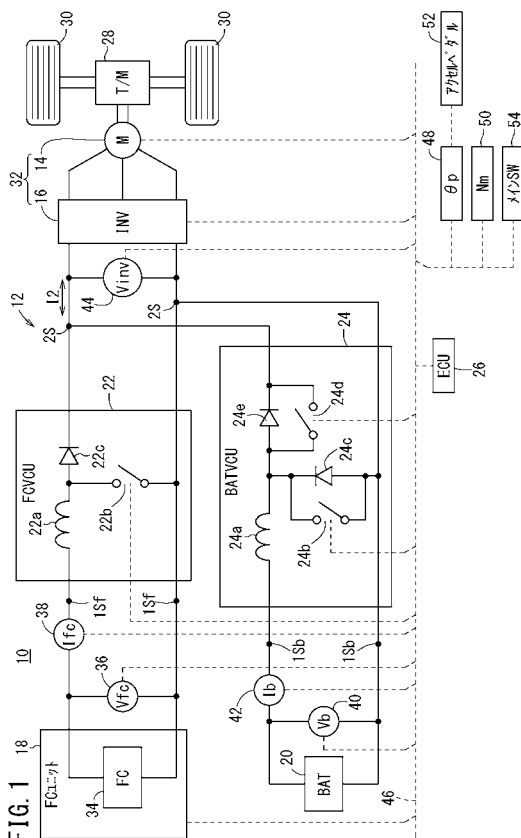
なお、この発明は、上記の実施形態に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【符号の説明】

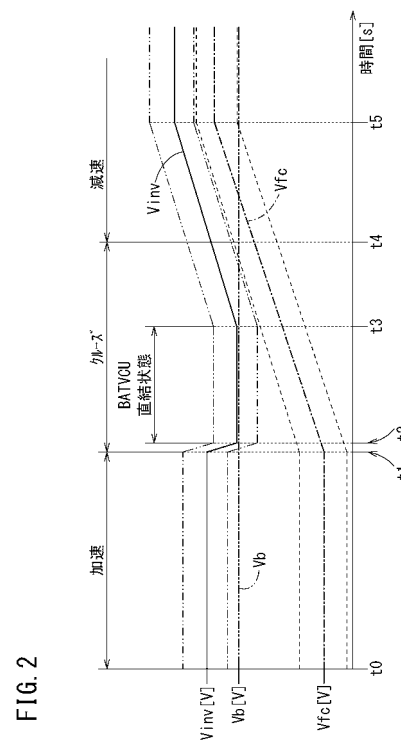
【0124】

10…FC車両	12…FCシステム
14…モータ	16…INV
18…FCユニット	20…BAT
22…FCVCU	
22b、24b、24d…スイッチング素子	
24…BATVCU	26…ECU
32…負荷	34…FC
36、40、44…電圧センサ	38、42…電流センサ

【図1】

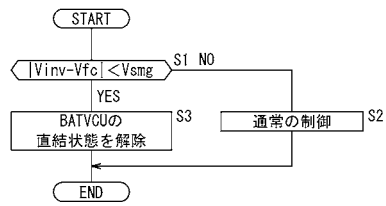


【図2】



【図 3】

FIG. 3



【図 4】

FIG. 4A

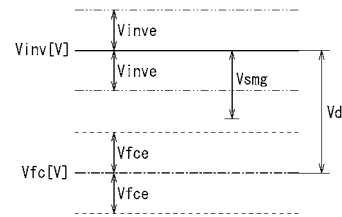


FIG. 4B

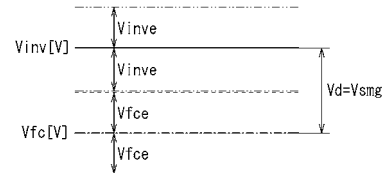
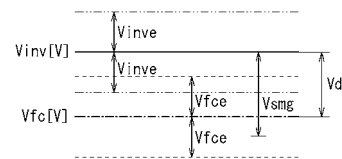
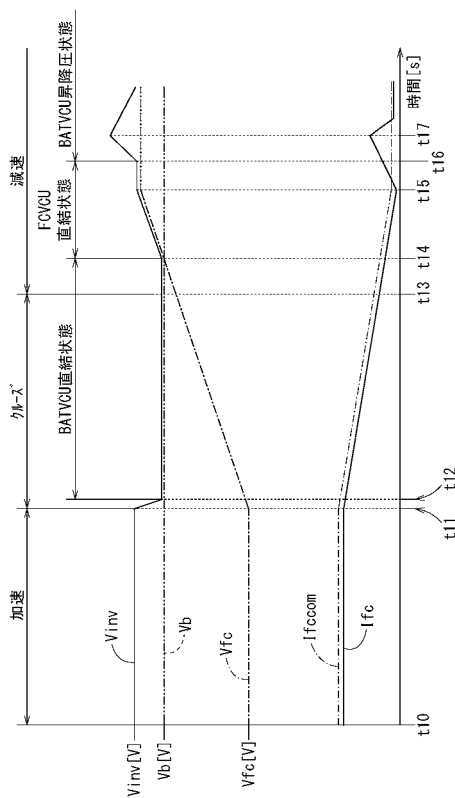


FIG. 4C



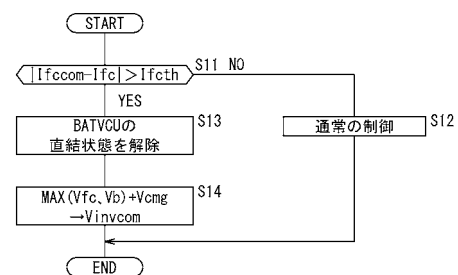
【図 5】

FIG. 5



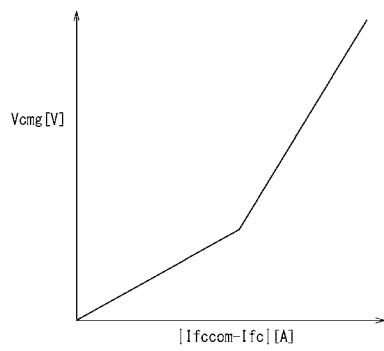
【図 6】

FIG. 6



【図 7】

FIG. 7



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)	
H 0 1 M	8/10	(2016.01)	H 0 1 M	8/00	A
			H 0 1 M	8/00	Z
			H 0 1 M	8/10	

(72)発明者 数野 修一
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 清水 研一
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 堺 靖貴
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 白坂 卓也
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 東谷 幸祐
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CX05

5H125 AA01 AC07 AC12 BB05 BB07 EE23 EE35 EE36

5H127 AA06 AB04 AB29 AC15 BA02 BB02 DB56 DB99 DC89 FF04

5H730 AA14 AS13 BB14 BB84 BB98 DD41 FD01 FD11 FD41 FF09

FG12