

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4525112号
(P4525112)

(45) 発行日 平成22年8月18日(2010.8.18)

(24) 登録日 平成22年6月11日(2010.6.11)

(51) Int.Cl.	F I	
B60L 11/18 (2006.01)	B60L 11/18	G
HO1M 8/00 (2006.01)	HO1M 8/00	A
HO1M 8/04 (2006.01)	HO1M 8/00	Z
HO1M 10/44 (2006.01)	HO1M 8/04	Z
HO2J 7/00 (2006.01)	HO1M 10/44	P

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-64383 (P2004-64383)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成16年3月8日(2004.3.8)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2005-253270 (P2005-253270A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成17年9月15日(2005.9.15)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成19年1月11日(2007.1.11)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池車両の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池を主電源とし、駆動モータにより駆動される燃料電池車両の電力供給システムを制御する制御装置であって、

大気圧を検出する大気圧センサと、

該大気圧センサが検出した大気圧に基づいて前記燃料電池へ空気を供給するコンプレッサの1気圧における目標回転数を補正し、前記コンプレッサの回転数が前記補正した目標回転数に到達するまでの時間として前記燃料電池の発電応答時間を推定する燃料電池発電応答時間推定手段と、

前記燃料電池発電応答時間推定手段の推定結果に基づいて、前記駆動モータの出力応答時間を制御する駆動モータ出力応答制御手段とを備えることを特徴とする燃料電池車両の制御装置。

【請求項2】

前記燃料電池発電応答時間推定手段により前記燃料電池発電応答時間が通常時よりも長くなることが推定され、前記駆動モータに対する駆動トルク指令値が、駆動モータに供給可能な最大電力以下となる駆動モータ出力となるように、前記駆動モータ出力応答制御手段が、前記駆動モータの出力応答時間を制御することを特徴とする請求項1に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項3】

前記駆動モータ出力応答制御手段は、

前記駆動モータの回転数に基づいて上限トルクを算出する駆動モータ上限トルク演算手段と、

前記駆動モータの回転数と上限トルクとから損失電力を推定する駆動モータ損失電力推定手段と、

前記駆動モータの回転数と上限トルクと損失電力とに基づき、当該駆動モータの最大消費電力を演算する駆動モータ最大消費電力演算手段と、

前記駆動モータ最大消費電力演算手段の演算結果に基づき、前記駆動モータの出力を所定変化量で変化させた場合の駆動モータの出力応答を推定する駆動モータ出力応答推定手段とを有し、

前記燃料電池発電応答時間推定手段の推定結果と、前記駆動モータ出力応答推定手段の推定結果とに基づき、前記駆動モータの出力が当該駆動モータに供給可能な電力を上回ることが予想される場合に、前記駆動モータの出力応答時間を長くする方向で補正することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項 4】

前記駆動モータ出力応答制御手段は、前記駆動モータの出力応答時間が前記燃料電池の出力応答時間と一致するように、前記駆動モータの出力応答時間を補正することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項 5】

前記駆動モータ出力応答制御手段は、前記駆動モータに対するトルク指令値の変化量を低下させることで、前記駆動モータの出力応答時間を補正することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項 6】

燃料電池車両には補助電源としてバッテリーが搭載されており、

前記駆動モータ出力応答制御手段は、

前記バッテリーの充電状態及びバッテリー出力電流・バッテリー電圧を管理するバッテリー制御装置からの情報に基づいて、前記バッテリーの最大放電電力を演算するバッテリー最大放電電力演算手段と、

前記バッテリー制御装置で検出されるバッテリー出力電流・バッテリー電圧に基づいて、車両補機が消費している電力を推定する車両補機消費電力推定手段とを更に有し、

前記燃料電池が供給し得る最大電力と前記バッテリー最大放電電力演算手段の演算結果とを加算した値から前記車両補機消費電力推定手段の推定結果を減算して、前記駆動モータに供給可能な最大電力を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項 7】

前記車両補機消費電力推定手段は、前記燃料電池発電応答時間推定手段の推定結果に基づいて前記車両補機の消費電力の上限値を演算し、前記車両補機の消費電力を前記上限値以下の値に推定することを特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池車両の制御装置。

【請求項 8】

前記燃料電池に対して要求する要求発電電力の変化量を制限する要求発電電力変化量制限手段を更に備え、

前記要求発電電力変化量制限手段は、前記駆動モータのトルクが所定値以下である場合には、前記燃料電池に対する要求発電電力の変化量の制限を緩和することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の燃料電池車両の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池車両の電力供給システムを制御する制御装置に関し、特に、高地走行時等、空気密度低下時における加速フィーリングの違和感を緩和できる燃料電池車両の制御装置に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

近年の環境問題、特に自動車の排出ガスによる大気汚染や二酸化炭素による地球温暖化の問題等に対する対策として、クリーンな排気及び高エネルギー効率を可能とする燃料電池技術が注目を浴びており、現在、このような燃料電池を主電源として搭載した燃料電池車両に関する研究開発が盛んに行われている。

【 0 0 0 3 】

ところで、燃料電池車両において、例えば高地走行時等のように空気密度が低下した場合、所望の圧力、流量の反応ガス（酸化ガス）の供給が困難になり、燃料電池の発電電圧が不安定になったり、反応ガスの供給不足のまま発電電流を取り出すことで、燃料電池の性能の劣化を引き起こす等の問題がある。

10

【 0 0 0 4 】

そこで、高地走行時等、空気密度低下時における燃料電池の制御技術として、例えば大気圧を検出して、要求発電電力に対して所望とする酸化ガス流量が得られるようにコンプレッサの回転数を補正し、燃料電池の発電を行うことが提案されている（例えば、特許文献1や特許文献2等を参照。）。

【特許文献1】特開2002-352826号公報

【特許文献2】特開2002-352833号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

ところで、前記特許文献1や特許文献2等にて提案される従来技術では、高地走行時等のように大気圧が低下して空気密度が低下した状況において、コンプレッサの回転数を補正することで燃料電池に所望の流量の酸化ガスを供給し、要求される発電電力を実現するようにしているので、コンプレッサ回転数の増加やコンプレッサ圧力比の増加によるコンプレッサトルクの増加を余儀なくされ、コンプレッサの仕事量は増加することとなる。したがって、大気圧が低下すると、場合によっては燃料電池発電応答時間が長くなってしまふことになる。

20

【 0 0 0 6 】

一方、燃料電池車両の駆動モータに対するトルク指令値は、基本的に、燃料電池発電応答時間を考慮して、車速（駆動モータ回転数）に応じた駆動モータ消費電力応答時間となるように演算されている。しかしながら、前述のように大気圧が低下して燃料電池発電応答時間が長くなっている場合に、燃料電池の発電応答時間を推定しないで駆動モータにトルク指令を行ってしまうと、駆動モータ出力が駆動モータに供給可能な電力（車両に供給する燃料電池発電電力+バッテリー放電電力）で制限されることとなってしまう、結果としてドライバは加速フィーリングに違和感を持ってしまふという問題点がある。

30

【 0 0 0 7 】

すなわち、駆動モータに対するトルク指令値は、基本的に1気圧時の燃料電池発電応答を考慮して過剰なトルク要求を行わないように設計されている。したがって、大気圧の低下に伴い空気密度が低下して、燃料電池の発電応答時間が長くなってしまうと、駆動モータのトルク指令値から求められる駆動モータの目標消費電力が、実際に駆動モータに供給できる駆動モータ供給電力を上回る場合も想定され、駆動モータの出力が急激に制限される状態が生じ得る。そして、このような状態が、加速フィーリングを大きく損なう要因となる。

40

【 0 0 0 8 】

本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、高地走行時等、空気密度低下により燃料電池発電応答時間が長くなっている場合にも、加速フィーリングの違和感を緩和することが可能な燃料電池車両の制御装置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】

【 0 0 0 9 】

本発明に係る燃料電池車両の制御装置は、燃料電池を主電源とし、駆動モータにより駆

50

動される燃料電池車両の電力供給システムを制御する制御装置であり、大気圧を検出する大気圧センサと、この大気圧センサが検出した大気圧に基づいて燃料電池へ空気を供給するコンプレッサの1気圧における目標回転数を補正し、コンプレッサの回転数が補正した目標回転数に到達するまでの時間として燃料電池の発電応答時間を推定する燃料電池発電応答時間推定手段と、この燃料電池発電応答時間推定手段の推定結果に基づいて駆動モータの出力応答時間を制御する駆動モータ出力応答時間制御手段とを備えている。

【0010】

以上のような本発明に係る燃料電池車両の制御装置では、例えば、大気圧を検出した結果、空気密度の低下により燃料電池発電応答時間が通常時よりも長くなることが推定され、駆動モータに対する駆動トルク指令値が、駆動モータに供給可能な最大電力以下となる駆動モータ出力となるように、駆動モータ出力応答制御手段が駆動モータの出力応答時間を制御することで、急な電力制限による加速フィーリングの違和感を緩和する。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明に係る燃料電池車両の制御装置によれば、例えば高地走行時等、空気密度低下により燃料電池発電応答時間が長くなっている場合にも、これに対応して駆動モータの出力応答時間が制御されるので、急な電力制限による加速フィーリングの違和感を緩和することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の具体的な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

20

【0013】

先ず、燃料電池車両に主電源として搭載される燃料電池及びこれを用いた燃料電池発電システムの具体的一例について、図1を参照しながら説明する。

【0014】

この燃料電池発電システムは、燃料電池1と、この燃料電池1に燃料である水素（あるいは水素リッチガス）を供給する燃料供給系、酸化剤（空気）を供給する空気供給系とを備え、燃料電池1の発電によって得られた電力を、燃料電池車両の駆動ユニット2に供給する構成となっている。

【0015】

燃料電池1は、水素が供給される燃料極と酸素（空気）が供給される空気極とが電解質・電極触媒複合体を挟んで重ね合わされた発電セルが多段積層された構造を有し、電気化学反応により化学エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。各発電セルの燃料極では、水素が供給されることで水素イオンと電子とが解離し、水素イオンは電解質を通り、電子は外部回路を通して電力を発生させて、空気極側にそれぞれ移動する。また、空気極では、供給された空気中の酸素と前記水素イオン及び電子が反応して水が生成され、外部に排出される。

30

【0016】

燃料電池1の電解質としては、高エネルギー密度化、低コスト化、軽量化等を考慮して、例えば固体高分子電解質が用いられる。固体高分子電解質は、例えばフッ素樹脂系イオン交換膜等、イオン（プロトン）伝導性の高分子膜からなるものであり、飽和含水することによりイオン伝導性電解質として機能する。

40

【0017】

燃料電池1には、各発電セル、或いは発電セル群の電圧を検出するセル電圧検出装置3が接続されており、このセル電圧検出装置3の出力は、システムコントローラ100に取り込まれるようになっている。システムコントローラ100は、内蔵された制御ソフトウェアに基づいて、本発明を適用した電力供給システム全体の動作を制御するものである。

【0018】

燃料供給系は、高圧水素タンク4、可変バルブ5、エゼクタ6、水素供給配管7、水素循環配管8からなる。そして、水素供給源である高圧水素タンク4から供給される水素が

50

スは、可変バルブ 5 及びエゼクタ 6 を通って水素供給配管 7 へと送り込まれ、加湿器 9 において加湿された後、燃料電池 1 の燃料極に供給される。加湿器 9 には、加湿用純水経路 10 及び純水ポンプ 11 が設けられており、純水の流量や温度等によって水素ガスの加湿量が制御される。

【 0 0 1 9 】

燃料電池 1 では供給された水素ガスは全て消費されるわけではなく、残った水素ガス（燃料電池 1 から排出される水素ガス）が、水素循環配管 8 を通ってエゼクタ 6 により循環され、新たに供給される水素ガスと混合されて、再び燃料電池 1 の燃料極に供給される。なお、燃料電池 1 の出口側には、パージ弁 12 及びパージ配管 13 が設けられている。水素循環配管 8 内には水素を循環させることで不純物や窒素等が蓄積され、これにより水素分圧が低下して燃料電池 1 の効率が低下する場合もある。そこで、燃料電池 1 の出口側にパージ弁 12 やパージ配管 13 を設けることで、水素循環配管 8 内から不純物や窒素等を除去できるようにしている。

10

【 0 0 2 0 】

また、燃料供給系においては、水素供給配管 7 の中途部に水素圧力センサ 14 及び水素流量センサ 15 が設けられており、燃料電池 1 の燃料極に供給される水素の圧力や流量がこれらのセンサにより検出できるようになっている。

【 0 0 2 1 】

空気供給系は、空気を送り込むコンプレッサ 16、空気供給配管 17、及びスロットル 18 によって構成されている。コンプレッサ 16 によって供給される酸化剤としての空気は、水素ガスと同様、加湿器 9 を通って空気供給配管 17 より燃料電池 1 の空気極に供給される。燃料電池 1 で消費されなかった酸素及び空気中の他の成分は、燃料電池 1 からスロットル 18 を介して排出される。

20

【 0 0 2 2 】

この空気供給系においても、空気供給配管 17 の中途部に空気圧力センサ 19 及び空気流量センサ 20 が設けられており、燃料電池 1 に供給される空気の圧力や流量がこれらのセンサによって検出できるようになっている。

【 0 0 2 3 】

以上のように構成される燃料電池発電システムにおいては、燃料電池 1 の入口の空気圧力を検出する空気圧力センサ 19、空気流量を検出する空気流量センサ 20、水素圧力を検出する水素圧力センサ 14、水素流量を検出する水素流量センサ 15、及びセル電圧検出装置 3 からの出力が、それぞれシステムコントローラ 100 によってモニタリングされる。システムコントローラ 100 では、これらの各検出手段から読み込んだ各検出値が、そのときの目標発電量から決まる所定の目標値になるように、コンプレッサ 16 やスロットル 18、可変バルブ 5 等を制御する。同時に、目標値に対して実際に実現されている圧力、流量に応じて燃料電池 1 から駆動ユニット 2 へ取り出す出力（電流値）を指令する。

30

【 0 0 2 4 】

次に、以上のような燃料電池発電システムを用いた燃料電池車両の電力供給システムの全体構成について、図 2 を参照しながら説明する。

【 0 0 2 5 】

この電力供給システムは、主電源としての燃料電池 1 からの電力取り出しや補助電源としてのバッテリー 21 からの電力取り出しを制御しながら、これら燃料電池 1 やバッテリー 21 から取り出した電力を駆動モータ 22 やその他の車両補機 23 等に供給するものである。この電力供給システムは、その一部が上述した駆動ユニット 2 としてユニット化されている。そして、この駆動ユニット 2 に、上述したシステムコントローラ 100、主電源としての燃料電池 1、補助電源としてのバッテリー 21、駆動モータ 22 やその他の補機 23 が接続された構成となっている。

40

【 0 0 2 6 】

駆動ユニット 2 には、燃料電池メインリレー 24、直流電圧変換装置 25、駆動モータインバータ 26、バッテリーメインリレー 27、バッテリーコントローラ 28 が設けられてい

50

る。

【 0 0 2 7 】

燃料電池メインリレー 2 4 は、燃料電池 1 と駆動モータ 2 2 等の負荷とを接続する燃料電池・負荷電気路に設けられており、システムコントローラ 1 0 0 の制御によりオン・オフが切り替えられるようになっている。この燃料電池メインリレー 2 4 がオン状態とされると、燃料電池・負荷電気路が導通状態とされ、オフ状態とされると、燃料電池・負荷電気路が遮断される。

【 0 0 2 8 】

直流電圧変換装置 2 5 は、燃料電池 1 で発電した電力を直流電流に変換して出力するものである。この直流電圧変換装置 2 5 の前段（燃料電池 1 側）には、この直流電圧変換装置 2 5 の入力電流を検出する電流センサ 2 9 及び入力電圧を検出する電圧センサ 3 0 が接続されている。また、この直流電圧変換装置 2 5 の後段（駆動モータ 2 2 側）には、この直流電圧変換装置 2 5 の出力電流を検出する電流センサ 3 1 及び出力電圧を検出する電圧センサ 3 2 が接続されている。

10

【 0 0 2 9 】

駆動モータインバータ 2 6 は、システムコントローラ 1 0 0 からの指令に応じて駆動モータ 2 2 への供給電力を調整して、駆動モータ 2 6 の回転数及びトルクが所望の値となるように制御するものである。

【 0 0 3 0 】

バッテリーメインリレー 2 7 は、バッテリー 2 1 と駆動モータ 2 2 等の負荷とを接続するバッテリー・負荷電気路に設けられており、システムコントローラ 1 0 0 の制御によりオン・オフが切り替えられるようになっている。このバッテリーメインリレー 2 7 がオン状態とされると、バッテリー・負荷電気路が導通状態とされ、オフ状態とされると、バッテリー・負荷電気路が遮断される。

20

【 0 0 3 1 】

バッテリーコントローラ 2 8 は、バッテリー 2 1 の状態を監視してその情報をシステムコントローラ 1 0 0 に供給すると共に、システムコントローラ 1 0 0 からの指令に応じてバッテリー 2 1 からの電力取り出しを制御するものである。このバッテリーコントローラ 2 8 とバッテリー 2 1 との間には、バッテリー 2 1 の出力電流を検出する電流センサ 3 3 及び出力電圧を検出する電圧センサ 3 4 が接続されている。

30

【 0 0 3 2 】

さらに、システムコントローラ 1 0 0 には、大気圧を検出する大気圧センサ 3 5 や、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ 3 6 が接続されている。

【 0 0 3 3 】

以上のように構成される電力供給システムでは、システムコントローラ 1 0 0 が、各電流センサ 2 9 , 3 1 , 3 3 や電圧センサ 3 0 , 3 2 , 3 4 、大気圧センサ 3 5 、アクセル開度センサ 3 6 からの検出信号、直流電圧変換装置 2 5 、駆動モータインバータ 2 6 、バッテリーコントローラ 2 8 からの情報等を適宜取り込んで、内蔵された制御ソフトウェアに基づき、電力供給システム全体の動作を制御するようにしている。そして、特に、本実施形態では、このシステムコントローラ 1 0 0 によって駆動モータ 2 2 に対する電力供給が制御され、大気圧低下時には駆動モータ 2 2 の出力応答時間が制御されるようになっている。

40

【 0 0 3 4 】

ここで、以上のようなシステムコントローラ 1 0 0 による制御の詳細について、本実施形態に特徴的な部分を中心に具体的に説明する。

【 0 0 3 5 】

システムコントローラ 1 0 0 は、内蔵された制御ソフトウェアを実行することにより、例えば図 3 の機能ブロック図で示すように、燃料電池 1 の発電応答時間を推定する燃料電池発電応答時間推定手段 1 0 1、燃料電池発電応答時間推定手段 1 0 1 の推定結果に基づいて最適な駆動モータ出力応答時間を演算する最適駆動モータ出力応答時間演算手段 1 0

50

2、最適駆動モータ出力応答時間演算手段102の演算結果に基づいて駆動モータ22の出力応答時間を制御する駆動モータ出力応答制御手段103の各機能を実現する。そして、システムコントローラ100は、大気圧センサ35により検出された大気圧から燃料電池1の発電応答時間を推定し、この発電応答時間に基づき、駆動モータ22の出力応答時間が燃料電池1の発電応答時間以上となるように駆動モータ22に対するトルク指令値を演算し、駆動モータインバータ26にこのトルク指令値を送信して、駆動モータ22を制御する。

【0036】

図4は、以上のようなシステムコントローラ100により所定時間（例えば10ms）毎に実行される制御フローの一例を示すフローチャートである。

10

【0037】

本制御フローがスタートすると、システムコントローラ100は、まず、ステップS1において、大気圧センサ35の検出値を取り込んで大気圧を検出し、ステップS2において、ステップS1で検出した大気圧に基づき燃料電池1の発電応答時間を推定する（燃料電池発電応答時間推定手段101）。そして、ステップS3において、ステップS2で推定した燃料電池1の発電応答時間に基づき、駆動モータ22の最適出力応答時間を演算する（最適駆動モータ出力応答時間演算手段102）。次に、ステップS4において、ステップS3で演算した駆動モータ22の最適出力応答時間に基づき、駆動モータ22に対するトルク指令値を演算する。そして、ステップS5において、ステップS4で演算した駆動モータ22に対するトルク指令値を駆動モータインバータ26に送信することで、駆動モータ22を駆動制御する（駆動モータ出力応答制御手段103）。

20

【0038】

ここで、ステップS2における燃料電池1の発電応答時間の推定方法について、図5を用いて説明する。

【0039】

図5(a)は、燃料電池1の目標発電量を実現するためのコンプレッサ16の目標回転数と大気圧との関係を示すものである。この図5(a)から、大気圧が低下するに従って、燃料電池1の目標発電量を実現するためのコンプレッサ16の目標回転数が徐々に増加することが分かる。なお、図中の $N_{comp101.325} [rpm]$ は1気圧(101.325kPa)時に燃料電池1に供給する必要がある空気流量を実現するためのコンプレッサ16の目標回転数、 $N_{comp60} [rpm]$ は大気圧が60[kPa]時に燃料電池1に供給する必要がある空気流量を実現するためのコンプレッサ16の目標回転数、 $N_{compPA} [rpm]$ は大気圧がPA[kPa]時に燃料電池1に供給する必要がある空気流量を実現するためのコンプレッサ16の目標回転数をそれぞれ示しており、 $N_{comp101.325} < N_{compPA} < N_{comp60}$ となっている。

30

【0040】

図5(b)は、コンプレッサ16の回転数と燃料電池1の実発電量との関係を、大気圧が1気圧のときと大気圧がPA[kPa]のときとで対比しながら示したものである。この図5(b)から、燃料電池1に対する発電電力指令値の変化量が一定であるとする、コンプレッサ16に対する回転数指令値の変化量も一定であるので、コンプレッサ16の目標回転数到達時間が大気圧低下に伴って T_{PA} 分だけ遅れると、燃料電池1の発電電力応答時間（燃料電池1の実発電量が目標発電電力 G_{target} に到達するまでの応答時間）も T_{PA} に相当する分だけ遅れが生じ、大気圧がPA[kPa]のときでは、燃料電池1の発電応答時間が $T_{PA} [sec]$ となることが分かる。

40

【0041】

以上のように、燃料電池1の発電応答時間は大気圧に応じて変化することになるので、本実施形態のシステムコントローラ100は、検出した大気圧に応じて燃料電池1の発電応答時間を推定するようにしている。なお、燃料電池1の発電応答時間を推定する方法としては、この他、コンプレッサ16を駆動するためのモータのトルク変化量から燃料電池1の発電応答時間を推定する方法等も考えられる。

50

【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 3 における駆動モータ 2 2 の最適出力応答時間の演算方法について、図 6 を用いて説明する。図 6 は、燃料電池 1 で最大発電電力 $G_{NetMax} [kW]$ を発電し、駆動モータ 2 2 の出力を最大出力 $MTR_{MaxPower} [kW]$ とする場合を例に挙げて、このときの燃料電池 1 の発電応答と駆動モータ 2 2 の出力応答との関係を示すものである。また、図 6 では、駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力 $G_{SupplyMax} [kW]$ の応答性も合わせて示している。ここで、駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力 $G_{SupplyMax} [kW]$ は、燃料電池 1 の最大発電電力 $G_{NetMax} [kW]$ とバッテリー 2 1 の最大放電電力とを加算した値から、車両補機 2 3 で消費される補機消費電力を減算した値であり、その応答時間は燃料電池 1 の発電応答時間と等しくなる。

10

【 0 0 4 3 】

この図 6 に示すように、本実施形態では、駆動モータ 2 2 の出力応答時間を燃料電池 1 の発電応答時間に一致させるようにしている。すなわち、大気圧が $PA [kPa]$ のとき、燃料電池 1 の発電応答時間は $T_{PA} [sec]$ となるので、駆動モータ 2 2 の最適出力応答時間も $T_{PA} [sec]$ とする。なお、この処理の具体的な内容については、詳細を後述する。

【 0 0 4 4 】

次に、ステップ S 4 の駆動モータ 2 2 に対するトルク指令値の演算方法について説明する。

【 0 0 4 5 】

出力時間を最適出力応答時間にした場合の駆動モータ 2 2 の出力（図 6 参照）を $MTR_{Power} [kW]$ 、駆動モータ 2 2 での電力損失分（駆動モータ損失電力）を $MTR_{PowerLoss} [kW]$ 、駆動モータ 2 2 の回転数を $N_{Mtr} [rpm]$ とすると、駆動モータ 2 2 のトルク $T_{MTR} [Nm]$ は下記式（1）から求めることができ、その値が駆動モータ 2 2 に対するトルク指令値となる。ただし、駆動モータ 2 2 の最大出力は駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力 $G_{SupplyMax} [kW]$ 以下となるように、予め駆動モータ 2 2 の出力特性を制限することとする。

20

【 数 1 】

$$T_{MTR} = \frac{60(MTR_{Power} - MTR_{PowerLoss})}{2\pi N_{MTR}} [Nm] \dots(1)$$

30

【 0 0 4 6 】

本実施形態では、システムコントローラ 1 0 0 が以上のような制御フローを所定周期毎に繰り返し実行することにより、高地走行時等で大気圧の低下により燃料電池 1 の発電応答時間に遅れが生じる場合でも、駆動モータ 2 2 を適切に駆動制御して、加速フィーリングの違和感を緩和できるようにしている。

【 0 0 4 7 】

ここで、以上の制御フローにおけるステップ S 3 の処理、すなわち、駆動モータ 2 2 の最適出力応答時間を演算する処理の詳細について、図 7 のフローチャートを用いて具体的に説明する。

40

【 0 0 4 8 】

駆動モータ 2 2 の最適出力応答時間を演算するにあたっては、システムコントローラ 1 0 0 は、先ず、ステップ S 1 1 において、駆動モータインバータ 2 6 からの情報を読み取って、駆動モータ 2 2 の回転数を検出する。そして、ステップ S 1 2 において、ステップ S 1 1 で検出した駆動モータ 2 2 の回転数に基づき、駆動モータ 2 2 の上限トルクを算出する。なお、駆動モータ 2 2 の回転数と上限トルクとの関係は、駆動モータ 2 2 の規格等によって決まるものであり、例えば図 8 に示すような関係となる。

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 1 3 において、予め実験等を行って求めた駆動モータ 2 2 の回転数及びトルクと駆動モータ 2 2 の電力損失分との関係から、ステップ S 1 1 で検出した駆動モ

50

ータ 2 2 の回転数と、ステップ S 1 2 で算出した駆動モータ 2 2 の上限トルクとに基づき、駆動モータ 2 2 の損失電力を演算する。そして、ステップ S 1 4 において、ステップ S 1 1 で検出した駆動モータ 2 2 の回転数と、ステップ S 1 2 で算出した駆動モータ 2 2 の上限トルクと、ステップ S 1 3 で演算した駆動モータ 2 2 の損失電力とから、所定車速毎の駆動モータ 2 2 の最大消費電力、すなわち、駆動モータ 2 2 の回転数に対応した最大消費電力を算出する。駆動モータ 2 2 の回転数と最大消費電力との関係を図 8 に合わせて示す。

【 0 0 5 0 】

次に、ステップ S 1 5 において、ステップ S 1 4 で算出した駆動モータ 2 2 の回転数に対応した最大消費電力に基づき、駆動モータ 2 2 の出力を所定出力変化量で最大消費電力にまで変化させた場合の駆動モータ 2 2 の出力応答を演算によって求める。ここで、駆動モータ 2 2 の出力応答は、図 9 に示すように、駆動モータ 2 2 の回転数により異なることになる。なお、図 9 では、予め実験等を行って求めた駆動モータ 2 2 の出力変化量の上限値に基づき、この出力変化量上限値で駆動モータ 2 2 を駆動した場合において、所定の回転数 N_{MtrA} [rpm]、 N_{MtrB} [rpm] (ただし、 $N_{MtrA} < N_{MtrB}$) における駆動モータ 2 2 の出力応答と、大気圧が PA [kPa] 時での燃料電池 1 の発電応答との関係を示している。ただし、駆動モータ 2 2 の出力変化量の上限値は、1 気圧相当時の燃料電池 1 の発電応答と駆動モータ 2 2 に供給可能な電力、さらに車両運転性から算出したものである。

【 0 0 5 1 】

そこで、ステップ S 1 6 では、ステップ S 1 5 で演算した所定回転数における駆動モータ 2 2 の出力応答と、駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力 $G_{SupplyMax}$ [kW] の応答性とを比較して、あるタイミングで駆動モータ 2 2 の出力が駆動モータ 2 2 に供給可能な電力を上回るようになるかどうかを判定する。

【 0 0 5 2 】

そして、ステップ S 1 6 での判定の結果、駆動モータ 2 2 の出力が駆動モータ 2 2 に供給可能な電力を上回ることが想定される場合には、ステップ S 1 7 において、駆動モータ 2 2 の出力が駆動モータ 2 2 に供給可能な電力を上回らないように、駆動モータ 2 2 の出力応答時間を補正する。すなわち、図 10 に示す例では、回転数が N_{MtrB} [rpm] の場合の駆動モータ 2 2 の出力が、図中の A 点を過ぎたときに駆動モータ 2 2 に供給可能な電力を上回るようになる。このような場合には、例えば駆動モータ 2 2 に対するトルク指令値の時間毎の変化量を低下させることによって、駆動モータ 2 2 の出力応答時間を燃料電池 1 の発電応答時間 T_{PA} [sec] とほぼ等しくなるように補正する。これにより、駆動モータ 2 2 の出力が駆動モータ 2 2 に供給可能な電力を上回ることによって生じる加速フィーリングの違和感が緩和されることになる。

【 0 0 5 3 】

なお、本実施形態では、燃料電池車両に補助電源としてバッテリー 2 1 が搭載され、駆動モータ 2 2 への電力供給を燃料電池 1 とバッテリー 2 1 とから行うことを前提にして説明しているが、燃料電池車両がバッテリー 2 1 を搭載しておらず、駆動モータ 2 2 への電力供給を燃料電池 1 での発電電力のみで賄う場合においても、同様の制御を行うことが可能である。

【 0 0 5 4 】

燃料電池車両にバッテリー 2 1 が搭載されている場合には、上述した駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力は、燃料電池 1 の発電電力とバッテリー 2 1 の最大放電電力とを加算した値から、車両補機 2 3 で消費される電力を減算することで求められる。一方、バッテリー 2 1 が搭載されていない場合には、上述した駆動モータ 2 2 に供給可能な最大電力を、燃料電池 1 の発電電力から車両補機 2 3 での消費電力を減算した値とすればよい。なお、バッテリー 2 1 の最大放電電力は、バッテリーコントローラ 2 8 からの情報に基づき、システムコントローラ 1 0 0 での演算処理によって求めることができ、また、車両補機 2 3 での消費電力は、電流センサ 3 3 で検出されるバッテリー出力電流や電圧センサ 3 4 で検出されるバ

10

20

30

40

50

ッテリ電圧に基づいて推定することが可能である。

【 0 0 5 5 】

なお、車両補機 2 3 での消費電力を推定するに際しては、システムコントローラ 1 0 0 は、燃料電池 1 の発電応答時間に応じた車両補機 2 3 の消費電力の上限値を演算し、車両補機 2 3 の消費電力の推定値が前記上限値を上回らない範囲で、車両補機 2 3 での消費電力を推定することが望ましい。具体的には、予め実験等により大気圧が低下した場合の車両補機消費電力の最大値の関係を調べておき、大気圧センサ 3 5 により検出した大気圧に基づいて、大気圧変化に対応した車両補機消費電力の上限値、すなわち燃料電池 1 の発電応答時間に対応した車両補機消費電力の上限値を決定し、これを上限として車両補機 2 3 での消費電力を推定する。これにより、大気圧低下によって車両補機 2 3 での消費電力が増加した場合でも、これを適切に推定することが可能となる。

10

【 0 0 5 6 】

以上説明したように、本実施形態によれば、燃料電池車両の電力供給システムを制御するシステムコントローラ 1 0 0 が、燃料電池 1 の発電応答時間を推定して、それに基づき駆動モータ 2 2 の出力応答時間を制御するようにしているので、駆動モータ 2 2 の出力がそのときに供給可能な電力によって急激に制限されるといった状態を生じさせることなく、駆動モータ 2 2 の駆動制御を適切に行うことができ、駆動モータ 2 2 の出力が急激に制限されることに起因するドライバに対する加速フィーリングの違和感を緩和することができる。また、システムコントローラ 1 0 0 は、大気圧センサ 3 5 で検出した大気圧に基づいて燃料電池 1 の発電応答時間を推定しているため、燃料電池 1 の発電応答時間を精度良く推定することができ、駆動モータ 2 2 の出力応答時間を最適に制御することができる。

20

【 0 0 5 7 】

さらに、本実施形態では、車速（駆動モータ 2 2 の回転数）を検出して駆動モータ 2 2 の最大消費電力を演算し、駆動モータ 2 2 の最大消費電力が小さく、駆動モータ 2 2 に供給可能な電力で駆動モータ 2 2 の出力が賄えることが予めわかっている場合には、駆動モータ 2 2 に対するトルク指令値の変化量を制限しないようにしているので、過剰に駆動モータ 2 2 の出力を制限することなく、必要な場合のみ駆動モータ 2 2 の出力応答時間を制御して、ドライバに対する加速フィーリングの違和感を緩和することができる。

【 0 0 5 8 】

ところで、燃料電池車両の電力供給システムを制御する本実施形態のシステムコントローラ 1 0 0 は、上述したような駆動モータ 2 2 の出力応答時間を制御する機能に加え、燃料電池 1 に対して要求する要求発電電力の変化量を制御する機能（要求発電電力変化量制限手段）も有している。以下、このシステムコントローラ 1 0 0 による要求発電電力の変化量の制御について、図 1 1 乃至図 1 3 を参照して説明する。

30

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、システムコントローラ 1 0 0 が燃料電池 1 に対して発電要求を行うために実行される制御フローの一例を示すフローチャートである。

【 0 0 6 0 】

本制御フローがスタートすると、システムコントローラ 1 0 0 は、まず、ステップ S 2 1 において、バッテリーコントローラ 2 8 からの情報に基づいて、バッテリー 2 1 への充電電力を算出する。また、ステップ S 2 2 において、上述した手法で車両補機 2 3 の消費電力を算出し、ステップ S 2 3 において、駆動モータ 2 2 が要求する駆動モータ要求電力を算出する。次に、ステップ S 2 4 において、ステップ S 2 1 で算出したバッテリー充電電力と、ステップ S 2 2 で算出した車両補機消費電力と、ステップ S 2 3 で演算した駆動モータ要求電力を加算して、燃料電池車両全体が要求する車両要求電力を演算する。そして、ステップ S 2 5 において、車両要求電力のうちで燃料電池 1 が賄う分の電力を燃料電池要求発電電力として算出し、ステップ S 2 6 において、ステップ S 2 5 で算出した燃料電池要求発電電力に基づき、燃料電池 1 に対して発電要求を行う。

40

【 0 0 6 1 】

50

ここで、ステップ S 2 3 における駆動モータ要求電力の演算方法について、図 1 2 を用いて説明する。

【 0 0 6 2 】

駆動モータ 2 2 の回転数が N_{Mtr} [rpm] のとき、駆動モータ 2 2 の上限トルクは図 1 2 中の T_{Max} [Nm] となる。このとき、実際に駆動モータ 2 2 に要求される要求トルク $T_{Request}$ [Nm] は、ドライバによるアクセル踏み込み量 APO [%] (アクセル全開のときに $APO = 100$ とする。) に応じて、下記式 (2) により決定される。なお、ドライバのアクセル踏み込み量は、アクセル開度センサ 3 6 によって検出される。

【数 2】

$$T_{Request} = T_{Max} \times \frac{APO}{100} \text{ [Nm]} \quad \dots(2)$$

10

【 0 0 6 3 】

また、このときの駆動モータ 2 2 での電力損失分を $MTR_{PowerLossR}$ [kW] とすると、駆動モータ要求電力 $MTR_{PowerRequest}$ [kW] は、下記式 (3) で表すことができる。

【数 3】

$$MTR_{PowerRequest} = \frac{2\pi N_{Mtr} T_{Request}}{60} + MTR_{PowerLossR} \text{ [kW]} \quad \dots(3)$$

20

【 0 0 6 4 】

次に、ステップ S 2 4 における車両要求電力の演算方法について説明する。

【 0 0 6 5 】

バッテリー充電電力を $BATT_{in}$ [kW] とし、車両補機 2 3 の消費電力を $PAUX$ [kW] とすると、燃料電池車両全体が要求する車両要求電力 $V_{RequestPower}$ [kW] は、下記式 (4) のように表すことができる。

【数 4】

$$V_{RequestPower} = BATT_{in} + PAUX + MTR_{PowerRequest} \text{ [kW]} \quad \dots(4)$$

30

【 0 0 6 6 】

次に、ステップ S 2 5 における燃料電池要求発電電力の演算方法について説明する。

【 0 0 6 7 】

バッテリー 2 1 の放電電力 (バッテリアシスト電力) を $BATT_{out}$ [kW] とすると、燃料電池 1 に要求する発電電力の目標値 $V_{TargetRequestPower}$ [kW] は、下記式 (5) のように表すことができる。なお、バッテリアシスト電力は、電流センサ 3 3 や電圧センサ 3 4 の検出値に基づき算出できる。

【数 5】

$$V_{TargetRequestPower} = V_{RequestPower} - BATT_{out} \text{ [kW]} \quad \dots(5)$$

40

【 0 0 6 8 】

次に、ステップ S 2 6 における処理、すなわち燃料電池 1 に対して発電要求を行う際のシステムコントローラ 1 0 0 の処理の詳細について、図 1 3 のフローチャートを用いて説明する。システムコントローラ 1 0 0 は、上述したように、図 1 1 の制御フローにおけるステップ S 2 5 で算出した燃料電池要求発電電力に基づいて、ステップ S 2 6 において燃料電池 1 に対する発電要求を行うが、このとき、要求発電電力が急激に変化して大幅な応答遅れが生じないように、要求発電電力の変化量を制限するようにしている。そして、特に本実施形態では、駆動モータ 2 2 のトルクが所定値以下である場合には、要求発電電力の変化量の制限を緩和させることで、駆動モータ 2 2 の稼働状態 (燃料電池車両の車速) に応じて最適な状態で燃料電池 1 に対する発電要求を行い、バッテリー 2 1 の過放電を有効に

50

防止できるようにしている。

【0069】

すなわち、燃料電池1に対して発電要求を行う場合、システムコントローラ100は、先ず、ステップS31において、駆動モータインバータ26からの情報に基づいて、駆動モータ22のトルクを検出する。そして、ステップS32において、ステップS31で検出した駆動モータ22のトルクが所定値以下であるか否かを判定する。

【0070】

ここで、駆動モータ22のトルクが所定値以下である場合には、ステップS33において、図11の制御フローにおけるステップS25で演算した燃料電池1に要求する発電電力の目標値 $V_{TargetRequestPower} [kW]$ の変化量を、変化量上限値 $A [kW/sec]$ で制限する。一方、駆動モータ22のトルクが所定値を超えている場合には、ステップS34において、燃料電池1に要求する発電電力の目標値 $V_{TargetRequestPower} [kW]$ の変化量を、変化量上限値 A よりも大きな値である変化量上限値 $B [kW/sec]$ で制限する。そして、以上のように変化量に制限が加えられた要求発電電力の目標値に基づき、ステップS35において、燃料電池1に対する発電要求を行う。

【0071】

以上のように、本実施形態のシステムコントローラ100は、燃料電池1に対して要求する要求発電電力の変化量を制御する際に、駆動モータ22のトルクが所定値以下の場合には要求発電電力の変化量の制限を緩和させるようにしているため、燃料電池1に対して要求する要求発電電力の変化量を過剰に制限してしまった場合に懸念されるバッテリー21の過放電を有効に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】燃料電池発電システムの一構成例を示す図である。

【図2】燃料電池車両の電力供給システムの全体構成を示す図である。

【図3】システムコントローラにて実現される各手段を示す機能ブロック図である。

【図4】システムコントローラが駆動モータの駆動制御を行う際の処理の概要を示すフローチャートである。

【図5】燃料電池の発電応答時間を推定する方法を説明するための図であり、(a)は大気圧と目標発電量を実現するコンプレッサ回転数との関係を示す特性図、(b)はコンプレッサの回転数と燃料電池の実発電量との関係を示す特性図である。

【図6】駆動モータの最適出力応答時間を演算する方法を説明する図である。

【図7】駆動モータの最適出力応答時間を演算する処理の詳細を示すフローチャートである。

【図8】駆動モータの回転数と駆動モータ上限トルク及び駆動モータ最大消費電力との関係を示す特定図である。

【図9】駆動モータの回転数が異なる場合の出力応答を対比して示す図である。

【図10】駆動モータの出力応答を補正する様子を説明する図である。

【図11】システムコントローラが燃料電池に対する発電要求を行う際の処理の概要を示すフローチャートである。

【図12】駆動モータの要求電力を演算する方法を説明する図である。

【図13】燃料電池に要求する発電要求電力の変化量を制限する処理の詳細を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0073】

- 1 燃料電池
- 2 駆動ユニット
- 21 バッテリ
- 22 駆動モータ

10

20

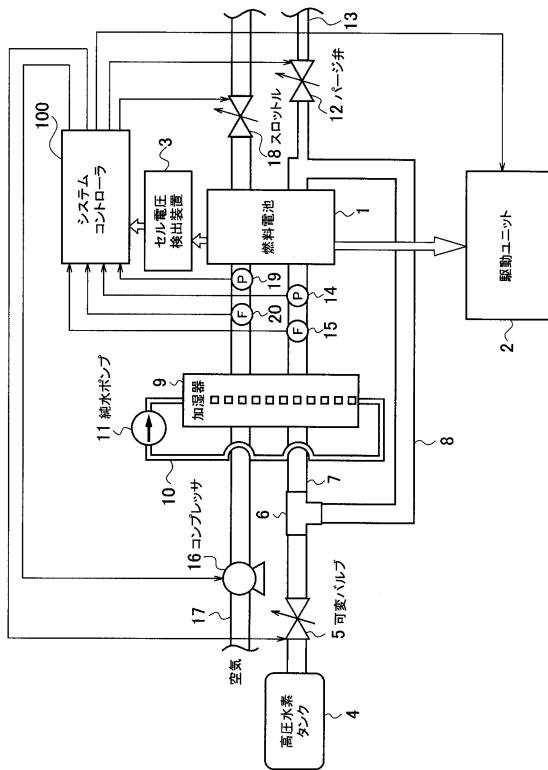
30

40

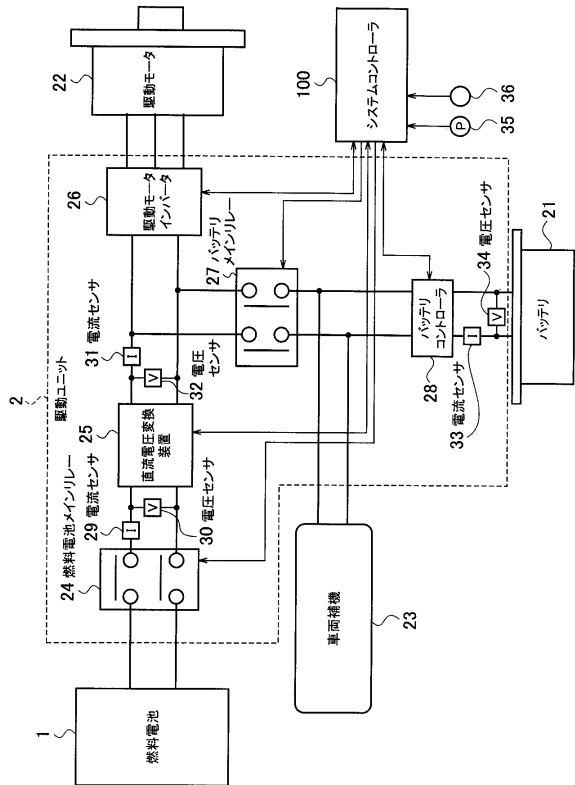
50

- 2 3 車両補機
- 1 0 0 システムコントローラ
- 1 0 1 燃料電池発電応答時間推定手段
- 1 0 2 最適駆動モータ出力応答時間演算手段
- 1 0 3 駆動モータ出力応答制御手段

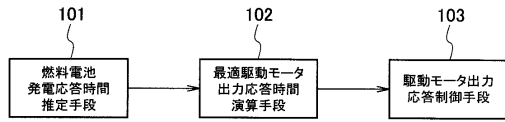
【図1】



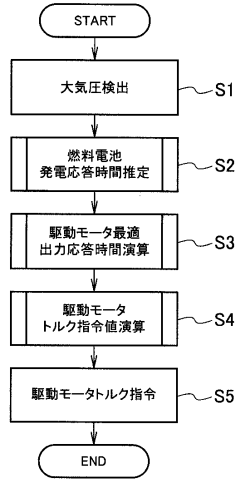
【図2】



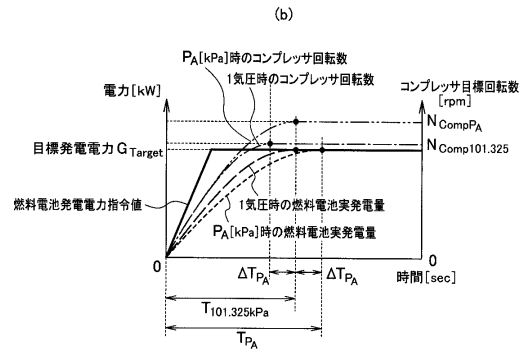
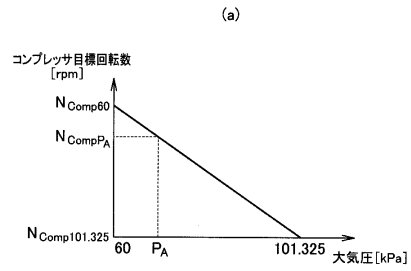
【図3】



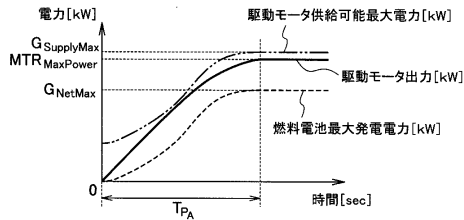
【図4】



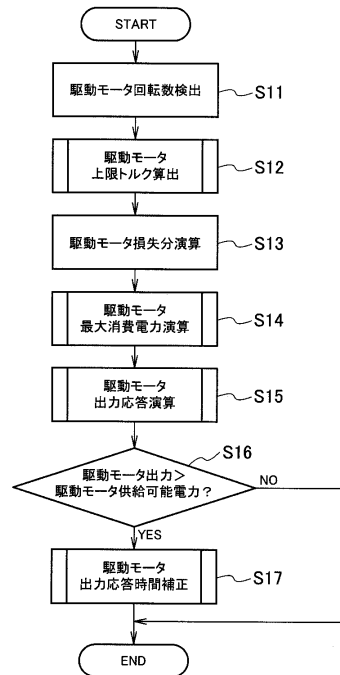
【図5】



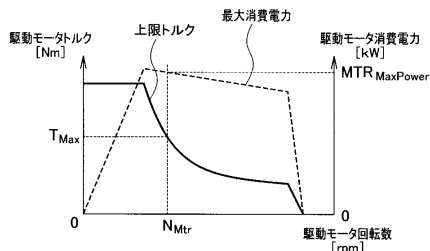
【図6】



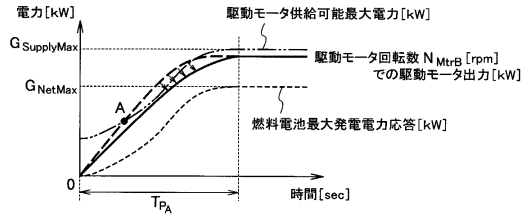
【図7】



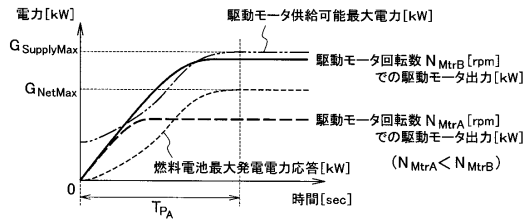
【図8】



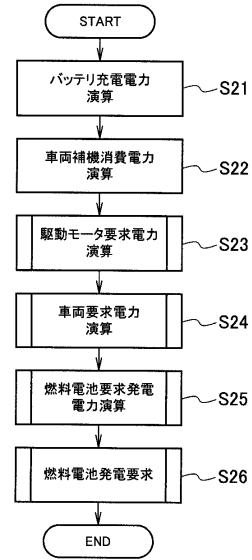
【図10】



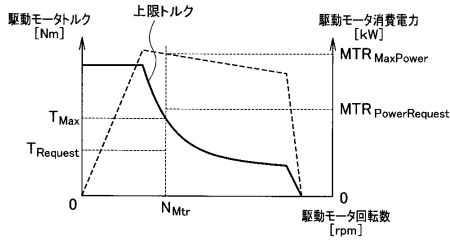
【図9】



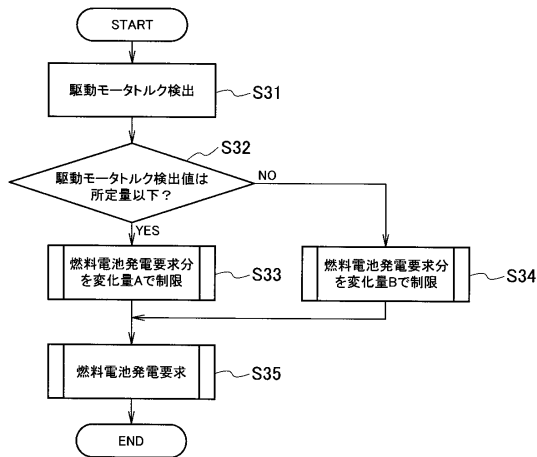
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 J 7/00 3 0 3 E

(72)発明者 小池 雄一
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 奥隅 隆

(56)参考文献 特開平08-331705(JP,A)
特開2001-325976(JP,A)
特開平07-075214(JP,A)
特開2003-249234(JP,A)
特開2002-352826(JP,A)
特開2002-352833(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 6 0 L 1 / 0 0 - 1 5 / 4 2
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4
H 0 1 M 1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8
H 0 2 J 7 / 0 0 - 7 / 3 6