

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5622693号  
(P5622693)

(45) 発行日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日(2014.10.3)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>HO 1 M</b> 8/04 (2006.01)	HO 1 M	8/04		P	
<b>B 6 O L</b> 3/00 (2006.01)	B 6 O L	3/00		S	
<b>B 6 O L</b> 11/18 (2006.01)	B 6 O L	11/18		A	
<b>HO 1 M</b> 8/00 (2006.01)	B 6 O L	11/18		G	
<b>HO 1 M</b> 8/10 (2006.01)	HO 1 M	8/00		Z	

請求項の数 4 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-196912 (P2011-196912)  
 (22) 出願日 平成23年9月9日(2011.9.9)  
 (65) 公開番号 特開2013-59229 (P2013-59229A)  
 (43) 公開日 平成25年3月28日(2013.3.28)  
 審査請求日 平成24年7月26日(2012.7.26)

前置審査

(73) 特許権者 000005326  
 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) 復代理人 100191134  
 弁理士 千馬 隆之  
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸素を含む第1ガスと水素を含む第2ガスが供給され、触媒によって反応が促進されて発電する燃料電池と、

前記燃料電池に、前記第1ガス及び前記第2ガスの少なくとも一方を供給するガス供給手段と、

前記燃料電池に接続され、スイッチング状態にされて前記燃料電池の出力電圧を調整するか、スイッチングしない直結状態に制御される電圧調整手段と、

前記燃料電池の出力電力により駆動される負荷としての駆動モータと、

前記駆動モータからの回生発電による電力を蓄電する蓄電装置と、

を備えた燃料電池車両において、

前記燃料電池、前記ガス供給手段、前記電圧調整手段、前記駆動モータ、及び前記蓄電装置を制御する制御手段を有し、

前記制御手段は、

前記駆動モータの回生発電時に、前記蓄電装置の電圧が、前記燃料電池の前記触媒の酸化還元進行電圧範囲の下限電圧を上回る値であるとき、前記電圧調整手段をスイッチング状態に制御し、前記下限電圧以下の値であるとき、前記電圧調整手段を直結状態に制御することで、前記燃料電池の出力端と前記負荷の回生発電出力端とを、前記直結状態の前記電圧調整手段を介して前記蓄電装置の入出力端に接続し、前記燃料電池の出力電圧と前記蓄電装置の電圧を一致させ、前記燃料電池の出力電圧を前記蓄電装置の電圧に一致させた

状態では前記燃料電池のストイキ比を通常ストイキ比よりも低下させることで前記燃料電池の出力電流を低下させ、前記燃料電池の出力電流を低下させることで前記燃料電池の出力電力を低下させながら、低下させた前記燃料電池の前記出力電力と前記回生発電による回生電力とを前記蓄電装置に蓄電する

ことを特徴とする燃料電池車両。

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池車両において、

前記制御手段は、

前記燃料電池の出力電力を低下させる際、前記燃料電池のネット効率がピークとなる高効率発電領域まで低下させる

10

ことを特徴とする燃料電池車両。

【請求項 3】

請求項 2 記載の燃料電池車両において、

前記制御手段は、

前記駆動モータの回生発電時に、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御する際、前記駆動モータの回生トルクが閾値トルクを上回るトルクであるか否かを判定し、上回らないトルクであると判定した場合には、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御し、前記燃料電池の出力電圧を前記蓄電装置の電圧に一致させた状態では前記燃料電池のストイキ比を通常ストイキ比よりも低下させることで前記燃料電池の出力電流を低下させ、前記燃料電池の出力電流を低下させることで前記燃料電池の出力電力を低下させながら、低下させた前記燃料電池の前記出力電力と前記回生発電による回生電力とを前記蓄電装置に蓄電する

20

【請求項 4】

請求項 3 記載の燃料電池車両において、

前記制御手段は、

前記回生トルクが前記閾値トルクを上回るトルクであると判定した場合には、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御しないで、前記電圧調整手段により、前記燃料電池の電圧を前記燃料電池の酸化還元進行電圧範囲の上限電圧以上の値に制御し、前記燃料電池の出力電圧を前記燃料電池の酸化還元進行電圧範囲の上限電圧以上の値に一致させた状態では前記燃料電池のストイキ比を通常ストイキ比よりも低下させることで前記燃料電池の出力電流を低下させ、前記燃料電池の出力電流を低下させることで前記燃料電池の出力電力を低下させながら、低下させた前記燃料電池の前記出力電力と前記回生発電による回生電力とを前記蓄電装置に蓄電する

30

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、酸化剤ガス及び燃料ガスの両反応ガスの電気化学反応により発電する燃料電池の劣化を防止しつつ、駆動モータの回生電力を高効率に回収し、前記燃料電池の発電効率を向上させる燃料電池車両に関する。

40

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、例えば、パーフルオロスルホン酸の薄膜に水が含浸された固体高分子電解質膜をカソード電極とアノード電極とで挟持した電解質膜・電極構造体(MEA)を備える。カソード電極及びアノード電極は、カーボンペーパー等からなるガス拡散層と、白金合金等の触媒(以下、Pt触媒ともいう。)粒子が表面に担持されたカーボン粒子が前記ガス拡散層の表面に様に塗布されて形成された電極触媒層とを有する。電極触媒層は、固体高分子電解質膜の両面に形成される。

【0003】

燃料電池の劣化を抑制するための技術が、特許文献 1 に提案されている。この特許文献

50

1 に提案された技術では、前記 Pt 触媒がシンタリング現象 ( Pt 触媒の凝集 ) を発生する酸化還元電位を回避して燃料電池を発電させるようにしている。

【 0 0 0 4 】

ところで、燃料電池車両においては、車両の減速時等に回生電力が発生するが、この回生電力は、システム効率を向上させるためにバッテリーに充電することが好ましい。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 には、アクセル開度が上がっても、バッテリーの SOC 値が第 1 充電閾値 ( SOC 値下限目標値 ) を下回るまで燃料電池セルの出力電圧を 0 . 7 V 程度に制限してバッテリーから電力を供給するようにし、SOC 値が第 1 充電閾値を下回ったことを検知すると、燃料電池の発電電力を上げることで前記出力電圧を 0 . 7 V 程度から下げてバッテリーに充電し、アクセル開度が下がっても、その後、SOC 値が第 2 充電閾値 ( SOC 値上限目標値 ) を上回るまで燃料電池の発電電力を上げた状態を継続しバッテリーに充電することが開示されている。

10

【 0 0 0 6 】

このように、燃料電池の出力電圧を酸化還元電位以下の電位に制限することで、燃料電池の劣化を抑制することができるが、アクセル開度が下がっても、換言すれば、回生電力の回収が可能なときに、燃料電池の発電電力を上げた状態を継続しているので、システム効率が悪化するという問題が発生する。

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 には、燃料電池の電力と、蓄電装置の電圧を DC / DC コンバータにより前記燃料電池の電圧まで昇圧させた電力とにより車両駆動用モータを駆動する燃料電池車両が開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 5 0 3 8 号公報 ( [ 0 0 4 1 ]、図 1 1 等 )

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 7 3 5 0 6 号公報 ( [ 0 0 3 0 ] )

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

特許文献 2 に開示された燃料電池車両では、回生電力の回収時に、前記燃料電池と前記車両駆動用モータとの電氣的接続を開閉するコンタクタを開放するとともに、前記 DC / DC コンバータを直結状態 ( スイッチングしない状態 ) に制御し、前記回生電力を直結状態の DC / DC コンバータを介して前記蓄電装置に充電 ( 回収 ) するように制御している。このため、回生時に、DC / DC コンバータのスイッチング損失が略ゼロで高効率に回生電力を回収することができる。

30

【 0 0 1 0 】

しかしながら、前記燃料電池の発電時において前記コンタクタを開放することは、当該コンタクタの耐久性の観点、及び開放時におけるノイズ発生観点から好ましくない。

【 0 0 1 1 】

この発明は、このような課題を考慮してなされたものであり、燃料電池の発電時において、コンタクタを開放することなく、回生電力を高効率に回収することを可能とする燃料電池車両を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

この発明に係る燃料電池車両は、酸素を含む第 1 ガスと水素を含む第 2 ガスが供給され、触媒によって反応が促進されて発電する燃料電池と、前記燃料電池に、前記第 1 ガス及び前記第 2 ガスの少なくとも一方を供給するガス供給手段と、前記燃料電池の出力電圧を調整する電圧調整手段と、前記燃料電池の出力電力により駆動される負荷としての駆動モータと、前記駆動モータからの回生発電による電力を蓄電する蓄電装置と、を備えた燃料

50

電池車両において、前記燃料電池、前記ガス供給手段、前記電圧調整手段、前記駆動モータ、及び前記蓄電装置を制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記駆動モータの回生発電時に、前記電圧調整手段を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により酸素濃度又は水素濃度を低下させて前記燃料電池の出力電力を低下させながら、前記蓄電装置に蓄電することを特徴とする。

【0013】

この発明によれば、前記駆動モータの回生発電時に、前記電圧調整手段を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させて前記燃料電池の出力電力を低下させながら、前記蓄電装置に蓄電するようにしたので、特許文献2のように、燃料電池の発電時にコンタクトを開放させることなく、回生電力を高効率に回収することができる。

10

【0014】

この場合、前記制御手段は、前記燃料電池の出力電力を低下させる際、前記燃料電池の高効率発電領域まで低下させることで、一層効率よく、回生電力を回収することができる。

【0015】

なお、前記制御手段は、前記駆動モータの回生発電時に、前記蓄電装置の電圧が、前記燃料電池の酸化還元進行電圧範囲の下限電圧以下の値であるとき、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させて前記燃料電池の出力電力を低下させながら、前記蓄電装置に蓄電するように制御することで、前記燃料電池の劣化を防止しつつ、前記回生電力を高効率に回収することができる。

20

【0016】

また、前記制御手段は、前記駆動モータの回生発電時に、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御する際、前記駆動モータの回生トルクが閾値トルクを上回るトルクであるか否かを判定し、上回らないトルクであると判定した場合に、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させて前記燃料電池の出力電力を低下させながら、前記蓄電装置に蓄電するように制御することで、回生トルクが比較的小さい場合において、高効率に且つ確実に回生電力を前記蓄電装置に回収することができる。

30

【0017】

さらに、前記制御手段は、前記回生トルクが前記閾値トルクを上回るトルクであると判定した場合には、前記電圧調整手段を前記直結状態に制御しないで、前記電圧調整手段により、前記燃料電池の電圧を前記燃料電池の酸化還元進行電圧範囲の上限電圧以上の値に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させて前記燃料電池の出力電力を低下させながら、前記蓄電装置に蓄電するように制御することで、回生トルクが比較的大きい場合には、回生トルクに係る大きな回生電力を、前記燃料電池を劣化させることなく、前記蓄電装置に高効率に回収することができる。

【発明の効果】

【0018】

この発明によれば、蓄電装置と燃料電池により駆動される駆動モータの回生発電時における回生電力を、前記燃料電池と前記駆動モータとの間のコンタクトを燃料電池の発電時に開放することなく、前記蓄電装置に高効率に回収することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】この発明の一実施形態に係る燃料電池システムを搭載した燃料電池車両の概略全体構成図である。

【図2】前記燃料電池車両の電力系のブロック図である。

【図3】前記実施形態における燃料電池ユニットの概略構成図である。

【図4】前記実施形態におけるDC/DCコンバータの詳細を示す回路図である。

50

【図5】電子制御装置（ECU）における基本的な制御（メインルーチン）のフローチャートである。

【図6】システム負荷を計算するフローチャートである。

【図7】現在のモータ回転数とモータ予想消費電力との関係を示す図である。

【図8】燃料電池を構成する燃料電池セルの電圧とセルの劣化量との関係の一例を示す図である。

【図9】燃料電池セルの電圧の変動速度が異なる場合の酸化の進行と還元の進行の様子を例を示すサイクリックポルタンメトリ図である。

【図10】燃料電池の通常の電流・電圧特性の説明図である。

【図11】カソードストイキ比とセル電流との関係を示す図である。

10

【図12】燃料電池のエネルギーマネジメント及び発電制御に係る基本制御モードの説明に供されるフローチャートである。

【図13】燃料電池における複数の電力供給モード（基本制御モード等）の説明図である。

【図14】バッテリーのSOC値と充放電係数の関係を示す図である。

【図15】目標FC電流と目標酸素濃度との関係を示す図である。

【図16】目標FC電流と目標エアポンプ回転数及び目標ウォーターポンプ回転数との関係を示す図である。

【図17】目標FC電流と目標背圧弁開度との関係を示す図である。

【図18】モータのトルク制御のフローチャートである。

20

【図19】実施例の動作説明に供されるフローチャートである。

【図20】実施例に係る電力供給モードの説明図である。

【図21】燃料電池の発電電力とネット効率との関係を示す図である。

【図22】直結状態での回生電力とFC電力とによるバッテリーの充電電流経路の説明図である。

【図23】実施例の動作説明に供されるタイムチャートである。

【図24】実施例の変形例における燃料電池ユニットの概略構成図である。

【図25】循環弁の弁開度とカソード流路における酸素濃度の関係を示す図である。

【図26】燃料電池システムの他の変形例の概略構成を示すブロック図である。

【図27】燃料電池システムのさらに他の変形例の概略構成を示すブロック図である。

30

【図28】燃料電池システムのさらに他の変形例の概略構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1は、この発明の一実施形態に係る燃料電池システム12（以下「FCシステム12」という。）を搭載した燃料電池車両10（以下「FC車両10」という。）の概略全体構成図である。図2は、FC車両10の電力系のブロック図である。図1及び図2に示すように、FC車両10は、FCシステム12に加え、走行用のモータ14（駆動モータ）と、インバータ（双方向の直流・交流変換器）16とを有する。

【0021】

FCシステム12は、燃料電池ユニット18（以下「FCユニット18」という。）と、高電圧バッテリー20（以下「バッテリー20」ともいう。）（蓄電装置）と、DC/DCコンバータ22（電圧調整手段）と、電子制御装置24（以下「ECU24」という。）（制御手段）と、を有する。

40

【0022】

モータ14は、FCユニット18及びバッテリー20から供給される電力に基づいて駆動力を生成し、当該駆動力によりトランスミッション26を通じて車輪28を回転させる。また、モータ14は、回生を行うことで生成した電力（回生電力 $P_{reg}$ ）[W]をインバータ16{PDU(Power Drive Unit)ともいう。}及びDC/DCコンバータ22を通じてバッテリー20等へ出力する（図2参照）。

【0023】

50

インバータ16は、3相フルブリッジ型の構成とされて、直流/交流変換を行い、直流を3相の交流に変換してモータ14に供給する一方、モータ14の回生動作に伴う交流/直流変換後の直流をDC/DCコンバータ22を通じてバッテリー20等に供給する。

【0024】

なお、モータ14とインバータ16を併せて負荷30（後記する補機負荷31と区別する場合には、主負荷30ともいう。）という。主負荷30と補機負荷31とを合わせて、負荷33（総合負荷33ともいう。）という。

【0025】

図3は、FCユニット18の概略構成図である。FCユニット18は、燃料電池スタック40（以下「FCスタック40」又は「FC40」という。）と、FCスタック40の  
10  
アノードに対して水素（燃料ガス）を給排するアノード系54と、FCスタック40のカソードに対して酸素を含む空気（酸化剤ガス）を給排するカソード系56と、FCスタック40を冷却する冷却水（冷媒）を循環させる冷却系58と、セル電圧モニタ42とを備える。

【0026】

FCスタック40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（以下「FCセル」という。）を積層した構造を有する。

【0027】

アノード系54は、水素タンク44、レギュレータ46（第2ガス供給手段）、エゼクタ48及びパージ弁50を有する。水素タンク44は、燃料ガスとしての水素を収容するものであり、配管44a、レギュレータ46、配管46a、エゼクタ48、配管48aを介して、アノード流路52の入口に接続されている。これにより、水素タンク44の水素を、配管44a等を介してアノード流路52に供給可能である。なお、配管44aには、遮断弁（図示せず）が設けられており、FCスタック40の発電の際、当該遮断弁は、ECU24により開弁される。  
20

【0028】

レギュレータ46は、導入される水素の圧力を所定値に調整して排出する。すなわち、レギュレータ46は、配管46bを介して入力されるカソード側の空気の圧力（パイロット圧）に応じて、下流側の圧力（アノード側の水素の圧力）を制御する。従って、アノード側の水素の圧力は、カソード側の空気の圧力に連動し、後記するように、酸素濃度を  
30  
変化させるべくエアポンプ60（第1ガス供給手段）の回転数等を変化させると、アノード側の水素の圧力も変化する。

【0029】

エゼクタ48は、水素タンク44からの水素をノズルで噴射することで負圧を発生させ、この負圧によって配管48bのアノードオフガスを吸引することができる。

【0030】

アノード流路52の出口は、配管48bを介して、エゼクタ48の吸気口に接続されている。そして、アノード流路52から排出されたアノードオフガスは、配管48bを  
40  
通って、エゼクタ48に再度導入されることでアノードオフガス（水素）が循環する。

【0031】

なお、アノードオフガスは、アノードにおける電極反応で消費されなかった水素、及び、水蒸気を含んでいる。また、配管48bには、アノードオフガスに含まれる水分〔凝縮水（液体）、水蒸気（気体）〕を分離・回収する気液分離器（図示せず）が設けられている。

【0032】

配管48bの一部は、配管50a、パージ弁50、配管50bを介して、配管64cに設けられた希釈器（図示せず）に接続されている。パージ弁50は、FCスタック40の発電が安定していないと判定された場合、ECU24からの指令に基づき所定時間、開弁される。前記希釈器は、パージ弁50からのアノードオフガス中の水素を、カソードオフ  
50

ガスで希釈して大気に排出する。

【0033】

カソード系56は、エアポンプ60、加湿器62、及び背圧弁64を有する。

【0034】

エアポンプ60は、外気(空気)を圧縮してカソード側に送り込むものであり、その吸気口は、配管60aを介して車外(外部、外気)と連通している。エアポンプ60の吐出口は、配管60b、加湿器62及び配管62aを介して、カソード流路74の入口に接続されている。エアポンプ60がECU24の指令に従って作動すると、エアポンプ60は、配管60aを介して車外の空気を吸気して圧縮し、この圧縮された空気が配管60b等

10

【0035】

加湿器62は、水分透過性を有する複数の中空系膜62eを備えている。そして、加湿器62は、中空系膜62eを介して、カソード流路74に向かう空気とカソード流路74から排出された多湿のカソードオフガスとを水分交換させ、カソード流路74に向かう空気を加湿する。

【0036】

カソード流路74の出口側には、配管62b、加湿器62、配管64a、背圧弁64、配管64b及び配管64cが配置されている。カソード流路74から排出されたカソードオフガス(酸化剤オフガス)は、配管62b等を通して、配管64cから車外(大気)に

20

【0037】

背圧弁64は、例えば、バタフライ弁で構成され、その開度がECU24により制御されることで、カソード流路74における空気の圧力を制御する。より具体的には、背圧弁64の開度が小さくなると、カソード流路74における空気の圧力が上昇し、体積流量当たりにおける酸素濃度(体積濃度)が高くなる。逆に、背圧弁64の開度が大きくなると、カソード流路74における空気の圧力が下降し、体積流量当たりにおける酸素濃度(体積濃度)が低くなる。

【0038】

温度センサ72は、配管64aに取り付けられ、カソードオフガスの温度を検出してECU24に出力する。

30

【0039】

冷却系58は、ウォータポンプ80及びラジエータ82(放熱器)を有する。ウォータポンプ80は、冷却水(冷媒)を循環させるものであり、その吐出口は、配管80a、冷媒流路84、配管82a、ラジエータ82、配管82bを順に介して、ウォータポンプ80の吸込口に接続されている。ECU24の指令に従ってウォータポンプ80が作動すると、冷却水が冷媒流路84とラジエータ82との間で循環し、FCスタック40を冷却する。

【0040】

セル電圧モニタ42は、FCスタック40を構成する複数の単セル毎のセル電圧Vcellを検出する測定機器であり、モニタ本体と、モニタ本体と各単セルとを接続するワイヤハーネスとを備える。モニタ本体は、所定周期で全ての単セルをスキッピングし、各単セルのセル電圧Vcellを検出し、平均セル電圧及び最低電圧を算出する。そして、平均セル電圧及び最低セル電圧をECU24に出力する。

40

【0041】

図2に示すように、FCスタック40からの電力(以下「FC電力Pfc」という。)は、インバータ16及びモータ14(力行時)に供給されるとともに、DC/DCコンバータ22を通じて高電圧バッテリー20(充電時)に供給され、さらに、エアポンプ60、ウォータポンプ80、エアコンディショナ90、ダウンバータ92(降圧型DC-DCコンバータ)、低電圧バッテリー94、アクセサリ96及びECU24に供給される。なお、FCスタック40とインバータ16及びDC/DCコンバータ22の間には、逆流防止

50

ダイオード 98 が配置されている。また、FCスタック 40 の発電電圧（以下「FC電圧  $V_{fc}$ 」という。）は、電圧センサ 100（図 4）により検出され、FCスタック 40 の発電電流  $I_{fc}$ （以下「FC電流  $I_{fc}$ 」という。）は、電流センサ 102 により検出され、いずれも ECU 24 に出力される。

【0042】

バッテリー 20 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）であり、例えば、リチウムイオン 2 次電池等を利用することができる。キャパシタを利用してもよい。本実施形態ではリチウムイオン 2 次電池を利用している。バッテリー 20 の出力電圧（以下「バッテリー電圧  $V_{bat}$  又は 1 次電圧  $V_1$ 」という。）[V] は、電圧センサ 120 により検出され、バッテリー 20 の出力電流（以下「バッテリー電流  $I_{bat}$  又は 1 次電流  $I_1$ 」という。）[A] は、電流センサ 124 により検出され、それぞれ ECU 24 に出力される。さらに、バッテリー 20 の残容量（以下「SOC」という。）[%] は、SOCセンサ 104（図 2）により検出され、ECU 24 に出力される。

10

【0043】

DC/DCコンバータ 22 は、FCユニット 18 からの FC 電力  $P_{fc}$  と、バッテリー 20 から供給された電力（以下「バッテリー電力  $P_{bat}$ 」という。）[W] と、モータ 14 からの回生電力  $P_{reg}$  の供給先を ECU 24 の制御下に制御する。

【0044】

図 4 には、この実施形態における DC/DCコンバータ 22 の一例が示されている。図 4 に示すように、DC/DCコンバータ 22 は、一方がバッテリー 20 のある 1 次側 1S に接続され、他方が負荷 33 と FCスタック 40 との接続点である 2 次側 2S に接続されている。

20

【0045】

DC/DCコンバータ 22 は、1 次側 1S の電圧（1 次電圧  $V_1 = V_{bat}$ ）[V] を 2 次側 2S の電圧（2 次電圧  $V_2$ ）[V]（ $V_1 > V_2$ ）に昇圧するとともに、2 次電圧  $V_2$  を 1 次電圧  $V_1$ （ $V_1 = V_{bat}$ ）に降圧する昇降圧型且つチョッパ型の電圧変換装置である。

【0046】

図 4 に示すように、DC/DCコンバータ 22 は、1 次側 1S と 2 次側 2S との間に配される相アーム UA と、リアクトル 110 とから構成される。

30

【0047】

相アーム UA は、ハイサイドアームとしての上アーム素子（上アームスイッチング素子 112 とダイオード 114）とローサイドアームとしての下アーム素子（下アームスイッチング素子 116 とダイオード 118）とにより構成される。上アームスイッチング素子 112 と下アームスイッチング素子 116 には、それぞれ例えば、MOSFET 又は IGBT 等が採用される。

【0048】

リアクトル 110 は、相アーム UA の中点（共通接続点）とバッテリー 20 の正極との間に挿入され、DC/DCコンバータ 22 により 1 次電圧  $V_1$  と 2 次電圧  $V_2$  との間で電圧を変換する際に、エネルギーを放出及び蓄積する作用を有する。

40

【0049】

上アームスイッチング素子 112 は、ECU 24 から出力されるゲート駆動信号（駆動電圧）UH のハイレベルによりオンにされ、下アームスイッチング素子 116 は、ゲートの駆動信号（駆動電圧）UL のハイレベルによりオンにされる。

【0050】

なお、ECU 24 は、1 次側 1S の平滑コンデンサ 122 に並列に設けられた電圧センサ 120 により 1 次電圧  $V_1$  を検出し、電流センサ 124 により 1 次側 1S の電流（1 次電流  $I_1$ ）[A] を検出する。また、ECU 24 は、2 次側 2S の平滑コンデンサ 128 に並列に設けられた電圧センサ 126 により 2 次電圧  $V_2$  を検出し、電流センサ 130 により 2 次側 2S の電流（2 次電流  $I_2$ ）[A] を検出する。

50



## 【 0 0 5 1 】

DC / DCコンバータ22の昇圧時には、第1のタイミングで、ゲート駆動信号ULがハイレベル及びゲート駆動信号UHがローレベルにされ、リアクトル110にバッテリー20からエネルギーが蓄積される（バッテリー20の正側からリアクトル110、下アームスイッチング素子116、及びバッテリー20の負側に至る電流路）。第2のタイミングで、ゲート駆動信号ULがローレベル及びゲート駆動信号UHがローレベルにされ、リアクトル110に蓄積されたエネルギーがダイオード114を通じて2次側2Sに供給される（バッテリー20の正側からリアクトル110、ダイオード114、2次側2Sの正側、負荷33等、2次側2Sの負側、バッテリー20の負側の電流路）。以降、昇圧時の上述した第1のタイミングと第2のタイミングが繰り返される。

10

## 【 0 0 5 2 】

DC / DCコンバータ22の降圧時には、第1のタイミングで、ゲート駆動信号UHがハイレベル及びゲート駆動信号ULがローレベルにされ、リアクトル110に2次側2S { FCスタック40及び(又は)モータ14が回生中の負荷33 } からエネルギーが蓄積されるとともにバッテリー20に充電される。第2のタイミングで、ゲート駆動信号UHがローレベル及びゲート駆動信号ULがローレベルにされ、リアクトル110に蓄積されたエネルギーがダイオード118、リアクトル110を通じてバッテリー20に供給され、バッテリー20が充電される。なお、回生電力Pre gも、図2から分かるように、エアポンプ60等の補機負荷31にも供給可能である。以降、降圧時の上述した第1のタイミングと第2のタイミングとが繰り返される。

20

## 【 0 0 5 3 】

DC / DCコンバータ22は、上述したチョッパ型として動作する他、直結型として動作することもできる。直結型として動作する場合、ゲート駆動信号UHがハイレベルにされるとともにゲート駆動信号ULがローレベルとされ、バッテリー20が放電する際には、1次側1Sからダイオード114を通じて2次側2Sに電流が供給され（例えば、バッテリー20から負荷33に電力が供給され）、バッテリー20が充電される場合には、2次側2Sから上アームスイッチング素子112を通じてバッテリー20に電流が供給される（例えば、モータ14からバッテリー20に回生電力Pre gが供給される）。

## 【 0 0 5 4 】

ECU24は、通信線140（図1等）を介して、モータ14、インバータ16、FCユニット18、補機負荷31、バッテリー20及びDC / DCコンバータ22等を制御する。当該制御に際しては、メモリ（ROM）に格納されたプログラムを実行し、また、セル電圧モニタ42、流量センサ68、温度センサ72、電圧センサ100、120、126、電流センサ102、124、130、SOCセンサ104等の各種センサの検出値を用いる。

30

## 【 0 0 5 5 】

ここでの各種センサには、上記センサに加え、開度センサ150、モータ回転数センサ152及び車速センサ154（図1）が含まれる。開度センサ150は、アクセルペダル156の踏み角度である開度（アクセル開度） $p$  [度]を検出する。モータ回転数センサ152は、モータ14の回転数 $Nm$  [rpm]を検出する。車速センサ154は、FC車両10の車速 $Vs$  [km/h、kmph]を検出する。さらに、ECU24には、メインスイッチ158（以下「メインSW158」という。）が接続される。メインSW158は、FCユニット18及びバッテリー20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なスイッチ（エンジン車両のイグニッションスイッチに対応するスイッチ）である。

40

## 【 0 0 5 6 】

ECU24は、マイクロコンピュータを含み、必要に応じて、タイマ、A / D変換器、D / A変換器等の入出力インタフェースを有する。なお、ECU24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、バッテリー20及びDC / DCコンバータ22毎の複数のECUから構成することもできる。

50

## 【 0 0 5 7 】

ECU 24は、FCスタック40の状態、バッテリー20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、FCスタック40が負担すべき負荷と、バッテリー20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、インバータ16、FCユニット18、バッテリー20及びDC/DCコンバータ22に指令を送出する。

## 【 0 0 5 8 】

なお、図4に示すFCスタック40の正極側であるダイオード98のアノード側の黒点で示す位置に正極側のコンタクタCTR1が配されるとともに、FCスタック40の負極側の黒点で示す位置に負極側のコンタクタCTR2が配される。コンタクタCTR1、CTR2は、燃料電池車両10の始動時（発電開始時）にメインSW158がオン（閉成）されるとオン（閉成）され、燃料電池車両10の停止時（発電終了時）にメインSW158がオフ（開放）されるとオフ（開放）される。メインSW158が、コンタクタCTR1、CTR2を兼用するように構成してもよい。

## 【 0 0 5 9 】

## [ 基本的な制御動作の説明 ]

次に、ECU 24における基本制御の動作について説明する。この基本制御を前提として、実施例を後述する。

## 【 0 0 6 0 】

図5には、ECU 24における基本的な制御（メインルーチン）のフローチャートが示されている。ステップS1において、ECU 24は、メインSW158がオンであるかどうかを判定する。メインSW158がオンでない場合（S1：NO）、ステップS1を繰り返す。メインSW158がオンである場合（S1：YES）、ステップS2に進む。ステップS2において、ECU 24は、FCシステム12に要求される負荷（システム負荷Psys又はシステム要求負荷Psysという。）[W]を計算する。

## 【 0 0 6 1 】

ステップS3において、ECU 24は、計算されたシステム負荷Psysに基づきFCシステム12のエネルギーマネジメントを行う。ここにいうエネルギーマネジメントは、FCスタック40の劣化を抑制しつつ、FCシステム12全体の出力の効率（システム効率）を向上することを企図している。

## 【 0 0 6 2 】

ステップS4において、ECU 24は、エネルギーマネジメント処理結果に基づき、FCスタック40の周辺機器、すなわち、エアポンプ60、背圧弁64、及びウォータポンプ80の制御（FC発電制御）を行う。さらに、ステップS5において、ECU 24は、モータ14のトルク制御を行う。

## 【 0 0 6 3 】

ステップS6において、ECU 24は、メインSW158がオフであるかどうかを判定する。メインSW158がオフでない場合（S6：NO）、ステップS2に戻る。メインSW158がオフである場合（S6：YES）、今回の処理を終了する。

## 【 0 0 6 4 】

図6には、ステップS2のシステム負荷Psysを計算するフローチャートが示されている。ステップS11において、ECU 24は、開度センサ150からアクセルペダル156の開度pを読み込む。ステップS12において、ECU 24は、モータ回転数センサ152からモータ14の回転数Nm[rpm]を読み込む。

## 【 0 0 6 5 】

ステップS13において、ECU 24は、開度pと回転数Nmに基づいてモータ14の予想消費電力Pm[W]を算出する。具体的には、図7に示す現在のモータ回転数Nm[rpm]とモータ予想消費電力Pm[W]とのマップ（特性）において、開度p毎に回転数Nmと予想消費電力Pmの関係を記憶しておく。例えば、開度pがp1である

10

20

30

40

50

とき、特性180を用いる。同様に、開度  $p$  が  $p_2$ 、 $p_3$ 、 $p_4$ 、 $p_5$ 、 $p_6$  であるとき、それぞれ特性182、184、186、188、190を用いる。そして、開度  $p$  に基づいて回転数  $N_m$  と予想消費電力  $P_m$  との関係を示す特性を特定した上で、回転数  $N_m$  に応じた予想消費電力  $P_m$  を特定する。なお、力行側の加速中は、正の値、回生側の減速中は、予想消費電力  $P_m$  は負の値、すなわち予想回生電力となる。

【0066】

ステップS14において、ECU24は、各補機負荷31から現在の動作状況を読み込む。ここでの補機負荷31には、例えば、図2に示すように、エアポンプ60、ウォータポンプ80及びエアコンディショナ90を含む高電圧系の補機や、低電圧バッテリー94、アクセサリ96及びECU24を含む低電圧系の補機が含まれる。例えば、エアポンプ60及びウォータポンプ80であれば、回転数  $N_{ap}$ 、 $N_{wp}$  [rpm] を読み込む。エアコンディショナ90であれば、その出力設定を読み込む。

10

【0067】

ステップS15において、ECU24は、各補機の現在の動作状況に応じて補機の消費電力  $P_a$  [W] を算出する。

【0068】

ステップS16において、ECU24は、モータ14の予想消費電力  $P_m$  と補機の消費電力  $P_a$  の和（仮システム負荷  $P_m + P_a$ ）を求め、FC車両10全体での予想消費電力、すなわち、システム負荷  $P_{sys}$  ( $P_{sys} = P_m + P_a$ 、 $P_{sys} = P_m + P_a$  とも表記する。) を算出する。

20

【0069】

上記のように、本実施形態におけるエネルギーマネジメントでは、FCスタック40の劣化を抑制しつつ、FCシステム12全体の出力の効率向上を図ることを企図している。

【0070】

図8は、FCスタック40を構成するFCセルの電圧（セル電圧  $V_{cell}$ ）[V] とセルの劣化量  $D$  との関係の一例を示している。すなわち、図8中の曲線（特性）142は、セル電圧  $V_{cell}$  と劣化量  $D$  との関係を示す。

【0071】

図8において、電圧  $v_1$ （例えば、0.5V）を下回る領域（以下「白金凝集増加領域R1」又は「凝集増加領域R1」という。）では、FCセルに含まれる白金（酸化白金）について還元反応が激しく進行し、白金が過度に凝集する。電圧  $v_1$  から電圧  $v_2$ （例えば、0.8V）までは、還元反応が安定的に進行する領域（以下「白金還元安定領域R2」又は「還元安定領域R2」という。）である。

30

【0072】

電圧  $v_2$  から電圧  $v_3$ （例えば、0.9V）までは、白金について酸化還元反応が進行する領域（以下「白金酸化還元進行領域R3」、又は「酸化還元進行領域R3」という。）である。電圧  $v_3$  から電圧  $v_4$ （例えば、0.95V）までは、白金について酸化反応が安定的に進行する領域（以下「白金酸化安定領域R4」又は「酸化安定領域R4」という。）である。電圧  $v_4$  からOCV（開回路電圧）までは、FCセルに含まれるカーボンの酸化が進行する領域（以下「カーボン酸化進行領域R5」という。）である。

40

【0073】

上記のように、図8では、セル電圧  $V_{cell}$  が白金還元安定領域R2又は白金酸化安定領域R4にあれば、FCセルの劣化の進行度合が小さい。一方、セル電圧  $V_{cell}$  が白金凝集増加領域R1、白金酸化還元進行領域R3、又はカーボン酸化進行領域R5にあれば、FCセルの劣化の進行度合が大きい。

【0074】

なお、図8では、曲線（特性）142を一義的に定まるような表記としているが、実際は、単位時間当たりにおけるセル電圧  $V_{cell}$  の変動量（変動速度  $A_{cell}$ ）[V/sec] に応じて曲線（特性）142は変化する。

【0075】

50

図9は、変動速度  $A_{cell}$  が異なる場合の酸化の進行と還元の進行の様子を示すサイクリックボルタンメトリ図である。図9において、実線の曲線(特性)170は、変動速度  $A_{cell}$  が高い場合を示し、破線の曲線(特性)172は、変動速度  $A_{cell}$  が低い場合を示す。図9からわかるように、変動速度  $A_{cell}$  に応じて酸化又は還元の進行度合が異なるため、必ずしも各電圧  $v_1 \sim v_4$  は一義的に特定されない。また、FCセルの個体差によっても各電圧  $v_1 \sim v_4$  は変化し得る。このため、電圧  $v_1 \sim v_4$  は、理論値、シミュレーション値又は実測値に誤差分を反映させたものとして設定することが好ましい。

#### 【0076】

また、FCセルの電流・電圧特性(IV特性)は、一般的な燃料電池セルと同様、図10に「通常」と示すIV特性(通常IV特性ともいう。)162に示すように、セル電圧  $V_{cell}$  が下がるほど、セル電流  $I_{cell}$  [A]が増加する。加えて、FCスタック40の発電電圧(FC電圧  $V_{fc}$ )は、セル電圧  $V_{cell}$  に直列接続数  $N_{fc}$  を乗算したものである。直列接続数  $N_{fc}$  は、FCスタック40内で直列に接続されるFCセルの数であり、以下、単に「セル数」ともいう。

10

#### 【0077】

図10の通常IV特性162では、カソードストイキ比(酸素濃度)は通常のストイキ比(通常ストイキ比)以上の酸素が豊潤な状態とされているときに得られる特性である。換言すれば酸素濃度は、通常の酸素濃度以上の酸素濃度とされる。なお、カソードストイキ比 = 「カソード電極に供給されるエア流量 / 発電により消費されたエア流量」、で表される。この実施形態において、カソードストイキ比を単にストイキ比ともいう。

20

#### 【0078】

酸素が豊潤な状態とは、図11に示すように、カソードストイキ比(酸素濃度)を上昇させても、セル電流(単セルの出力する電流)  $I_{cell}$  が略一定となり、飽和した状態となる通常ストイキ比以上の領域における酸素を意味する。

#### 【0079】

水素についても同様である。すなわち、アノードストイキ比(水素濃度) = アノード電極に供給される水素流量 / 発電により消費された水素流量、で表される。

#### 【0080】

次に、図12のフローチャートを参照して、ステップS3及びステップS4のエネルギー管理及びFC発電制御中、基本制御(基本エネルギー管理・発電制御)について説明する。

30

#### 【0081】

ステップS21において、ECU24は、バッテリー20の充放電係数を算出し、算出した充放電係数をステップS16で算出したシステム負荷  $P_{sys}$  に乗算することで目標FC電力  $P_{fc\_tgt}$  を算出する ( $P_{fc\_tgt} = P_{sys} \times$  )。

#### 【0082】

ここで、充放電係数は、SOCセンサ104から入力される現在のSOC値と、図14の特性(マップ)163とに基づいて算出される。図14の特性163は、例えば、実測値、シミュレーション値を用いることができ、ECU24に予め記憶されている。また、ここでは、バッテリー20の目標SOC(目標蓄電量)を50[%]とした場合を例示するが、これに限定されることはない。図14に示すように、SOC値が50[%]よりも小さい充電を要する領域では、FCスタック40の発電を余剰とさせ、その余剰電力がバッテリー20に充電されるように、充放電係数が「1」よりも大きくなる傾向となっている。一方、SOC値が50[%]よりも大きい充電状態が十分な領域では、FCスタック40の発電を不足させ、その不足電力を補うようにバッテリー20が放電するように、充放電係数が「1」よりも小さくなる傾向となっている。

40

#### 【0083】

なお、ここでは、以下の説明の理解の便宜のために、充放電係数は  $= 1$  として説明する ( $P_{fc\_tgt} = P_{sys}$ )。

50

## 【0084】

次いで、ステップS22において、ECU24は、ステップS21で算出した目標発電電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 以上であるかどうかを判定する( $P_{fc\ t\ g\ t} > P_{th\ p}$ )。

## 【0085】

ここで、閾値電力 $P_{th\ p}$ は、「触媒が劣化しないと判断されるセル電圧(0.8V、切替電圧、所定電圧)」と、「FCスタック40を構成する単セル数 $N_{fc}$ 」と、「FCスタック40の通常のIV特性162(図10参照)においてセル電圧を0.8Vとした場合における電流値 $I_{cell\ p}$ 」とを乗算することで与えられる次の(1)式に示す固定値である。なお、図10において、目標電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ の軸は線形ではない点に留意する。

$$P_{th\ p} = 0.8 [V] \times N_{fc} \times I_{cell\ p} \quad (1)$$

## 【0086】

目標発電電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 以上である場合には(ステップS22: YES)、ステップS23において、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ を得るべく、電圧可変・電流可変制御(モードA制御)を実行する。

## 【0087】

このモードA制御は、主として、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が相対的に高いときに用いられるものであり、目標酸素濃度 $C_{o\ t\ g\ t}$ を通常(酸素を豊潤な状態を含む。)に維持した状態で、目標FC電圧 $V_{fc\ t\ g\ t}$ を調整することによりFC電流 $I_{fc}$ を制御する。

## 【0088】

すなわち、図13に示すように、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 以上で実行されるモードA制御では、FCスタック40の通常IV特性162(図10で示したものと同一)を用いる。モードA制御では、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ に応じて目標FC電流 $I_{fc\ t\ g\ t}$ を算出し、さらに目標FC電流 $I_{fc\ t\ g\ t}$ に対応する目標FC電圧 $V_{fc\ t\ g\ t}$ を算出する。そして、FC電圧 $V_{fc}$ が目標FC電圧 $V_{fc\ t\ g\ t}$ となるように、ECU24は、DC/DCコンバータ22を制御する。すなわち、2次電圧 $V_2$ が目標FC電圧 $V_{fc\ t\ g\ t}$ となるように1次電圧 $V_1$ をDC/DCコンバータ22により昇圧することで、FC電圧 $V_{fc}$ を制御してFC電流 $I_{fc}$ を制御する。

## 【0089】

以上のようなモードA制御によれば、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 以上の高負荷であっても、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ に応じて2次電圧 $V_2$ (FC電圧 $V_{fc}$ )を、通常IV特性162に沿うようにDC/DCコンバータ22で変化させることで、基本的に、システム負荷 $P_{sys}$ をFC電力 $P_{fc}$ により賄うことができる。

## 【0090】

一方、ステップS22の判定において、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 未満である場合には(ステップS22: NO)、ステップS24において、ステップS24で算出した目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ q}$ 未満( $P_{fc\ t\ g\ t} < P_{th\ q}$ )であるか否かを判定する。ここで、閾値電力 $P_{th\ q}$ は、例えば、セル電圧 $V_{cell}$ が $V_{cell} = 0.9 [V]$ に対応して決定されるので、閾値電力 $P_{th\ q}$ は、閾値電力 $P_{th\ p}$ より低い値に設定される( $P_{th\ q} < P_{th\ p}$ 。図13参照)。

## 【0091】

ステップS24の判定が否定的となる場合、すなわち、目標FC電力 $P_{fc\ t\ g\ t}$ が閾値電力 $P_{th\ p}$ 未満であって、且つ閾値電力 $P_{th\ q}$ 以上である場合には(ステップS24: NO、 $P_{th\ q} < P_{fc\ t\ g\ t} < P_{th\ p}$ )、ステップS25において、電圧固定・ストイキ比可変電流可変制御(モードB制御)を実行する。なお、モードBの電圧固定・ストイキ比可変電流可変制御は、後述するモードC制御、及びモードE制御でも同様に行われるが、上述したモードA制御の電圧可変・電流可変制御に対して、電圧固定・電流可変制御という点で共通しているので、CVVC(Constant Voltage V

10

20

30

40

50

variable Current) 制御ともいう。後述するモードD制御では、電圧可変(但し、直結制御であるので、FC電圧 $V_{fc}$ はバッテリー電圧 $V_{bat}$ に追従し、それほどには変動しない。)・ストイキ比可変電流可変制御を実行する。

【0092】

モードB制御は、主として、システム負荷 $P_{sys}$ が相対的に中くらいのときに用いられるものであり、目標セル電圧 $V_{celltgt}$ (=目標FC電圧 $V_{fctgt}$ /セル数 $N_{fc}$ )を、酸化還元進行領域R3よりも低い電圧以下で設定された基準電圧{本実施形態では、電圧 $v_2$ (=0.8V)}に固定すると共に、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を可変とすることにより、FC電流 $I_{fc}$ を可変とする。

【0093】

すなわち、図13に示すように、モードB制御では、閾値電力 $P_{thq} \sim P_{thp}$ の範囲において、セル電圧 $V_{cell}$ を一定( $V_{cell} = v_2$ )に保った状態で目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を下げていくことで酸素濃度 $C_o$ を下げる。

【0094】

図11に示したように、カソードストイキ比(酸素濃度 $C_o$ )が低下するとセル電流 $I_{cell}$ (FC電流 $I_{fc}$ )も低下する。このため、セル電圧 $V_{cell}$ を一定に保った状態( $V_{cell} = v_2 = 0.8V$ )で目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を増減させることで、セル電流 $I_{cell}$ (FC電流 $I_{fc}$ )及びFC電力 $P_{fc}$ を制御することが可能となる。なお、FC電力 $P_{fc}$ の不足分は、バッテリー20からアシストする。

【0095】

この場合、ECU24は、DC/DCコンバータ22の昇圧率を調整することにより、酸化還元進行領域R3よりも低い電圧以下で設定された基準電圧{本実施形態では、電圧 $v_2$ (=0.8V)}に目標FC電圧 $V_{fctgt}$ を固定し、さらに、目標FC電力 $P_{fctgt}$ に対応する目標FC電流 $I_{fctgt}$ を算出する。また、目標FC電圧 $V_{fctgt}$ が基準電圧であることを前提として、目標FC電流 $I_{fctgt}$ に対応する目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を算出する(図11及び図15参照)。なお、図15は、FC電圧 $V_{fc}$ が基準電圧であるときの目標FC電流 $I_{fctgt}$ と目標酸素濃度 $C_{otgt}$ との関係を示す。

【0096】

ここで、ECU24は、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ に応じて各部への指令値を算出及び送信する。ここで算出される指令値には、エアポンプ60の回転数(以下「エアポンプ回転数 $N_{ap}$ 」又は「回転数 $N_{ap}$ 」という。)、ウォータポンプ80の回転数(以下「ウォータポンプ回転数 $N_{wp}$ 」又は「回転数 $N_{wp}$ 」という。)、及び背圧弁64の開度(以下「背圧弁開度 $b_p$ 」又は「開度 $b_p$ 」という。)が含まれる。

【0097】

すなわち、図16及び図17に示すように、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ に応じて目標エアポンプ回転数 $N_{aptgt}$ 、目標ウォータポンプ回転数 $N_{wptgt}$ 及び目標背圧弁開度 $b_{ptgt}$ が設定される。

【0098】

以上のようにして、ステップS25のモードB制御が実行される。

【0099】

次いで、ステップS26において、ECU24は、FCスタック40による発電が安定しているか否かを判定する。当該判定として、ECU24は、セル電圧モニタ42から入力される最低セル電圧が、平均セル電圧から所定電圧を減算した電圧よりも低い場合{最低セル電圧 $<$ (平均セル電圧-所定電圧)}、FCスタック40の発電が不安定であると判定する。なお、前記所定電圧は、例えば、実験値、シミュレーション値等を用いることができる。

【0100】

発電が安定している場合(S26: YES)、今回の処理を終える。発電が安定していない場合(S26: NO)、ステップS27において、ECU24は、目標酸素濃度 $C_o$

10

20

30

40

50

t g t を 1 段増加させる（通常の濃度に近づける）。具体的には、エアポンプ 60 の回転数  $N_{ap}$  の増加及び背圧弁 64 の開度  $b_p$  の減少の少なくとも一方を 1 段階行う。

【0101】

ステップ S 2 8 において、ECU 2 4 は、目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常の IV 特性における目標酸素濃度（通常酸素濃度  $C_{onml}$ ）未満であるか否かを判定する。目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常酸素濃度  $C_{onml}$  未満である場合（S 2 8 : YES）、ステップ S 2 6 に戻る。目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常酸素濃度  $C_{onml}$  未満でない場合（S 2 8 : NO）、ステップ S 2 9 において、ECU 2 4 は、FC ユニット 1 8 を停止する。すなわち、ECU 2 4 は、FC スタック 4 0 への水素及び空気の供給を停止し、FC スタック 4 0 の発電を停止する。そして、ECU 2 4 は、図示しない警告ランプを点灯させ、運転者に FC スタック 4 0 が異常であることを通知する。なお、ECU 2 4 は、バッテリー 2 0 からモータ 1 4 に電力を供給し、FC 車両 1 0 の走行は継続させる。

10

【0102】

上述したステップ S 2 4 の判定において、目標 FC 電力  $P_{fc tgt}$  が閾値電力  $P_{thq}$  未満である場合（ステップ S 2 4 : YES）、ステップ S 3 0 でモード C 制御を行う。図 1 3 に示すように、モード C 制御は、主として、目標 FC 電力  $P_{fc tgt}$  が相対的に低いときに用いられるものであり、目標セル電圧  $V_{cell tgt}$ （= 目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  / セル数）を、酸化還元進行領域 R 3 外の電圧 { 本実施形態では、電圧  $v_3$ （= 0.9 V）} に固定し、FC 電流  $I_{fc}$  を可変とする。FC 電力  $P_{fc}$  の不足分は、バッテリー 2 0 からアシストし、FC 電力  $P_{fc}$  の余剰分は、バッテリー 2 0 に充電する。

20

【0103】

モード C 制御では、図 1 3 に示すように、セル電圧  $V_{cell}$  を一定（ $V_{cell} = v_3$ ）に保った状態で目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を下げていくことで酸素濃度  $C_o$  を下げる。

【0104】

図 1 1 に示したように、カソードストイキ比（酸素濃度  $C_o$ ）が低下するとセル電流  $I_{cell}$ （FC 電流  $I_{fc}$ ）も低下する。このため、セル電圧  $V_{cell}$  を一定に保った状態（ $V_{cell} = v_3 = 0.9 V$ ）で目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を増減させることで、セル電流  $I_{cell}$ （= FC 電流  $I_{fc}$ ）及び FC 電力  $P_{fc}$  を制御することが可能となる。なお、FC 電力  $P_{fc}$  の不足分は、バッテリー 2 0 からアシストする。よって、モード C 制御では、上述したステップ S 2 5 のモード B 制御と同様な制御処理、及びステップ S 2 6 ~ S 2 9 の発電安定性に係る処理を実行する。

30

【0105】

以上のようにして、ステップ S 3 及び S 4 のエネルギーマネジメント及び FC 発電制御の基本制御が実行される。

【0106】

次に、図 1 8 には、ステップ S 5 の処理に係るモータ 1 4 のトルク制御のフローチャートが示されている。ステップ S 4 1 において、ECU 2 4 は、車速センサ 1 5 4 から車速  $V_s$  を読み込む。ステップ S 4 2 において、ECU 2 4 は、開度センサ 1 5 0 からアクセルペダル 1 5 6 の開度  $p$  を読み込む。

【0107】

ステップ S 4 3 において、ECU 2 4 は、車速  $V_s$  と開度  $p$  に基づいてモータ 1 4 の仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$  [ N · m ] を算出する。具体的には、図示しない記憶手段に車速  $V_s$  と開度  $p$  と仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$  を関連付けたマップを記憶しておき、当該マップと、車速  $V_s$  及び開度  $p$  とに基づいて仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$  を算出する。

40

【0108】

ステップ S 4 4 において、ECU 2 4 は、モータ 1 4 が回生中であるか否かを判定し、回生中でない場合には、FC システム 1 2 からモータ 1 4 に供給可能な電力の限界値（限界供給電力  $P_{s\_lim}$ ）[ W ] に等しいモータ 1 4 の限界出力（モータ限界出力  $P_{m\_lim}$ ）[ W ] を算出する。具体的には、限界供給電力  $P_{s\_lim}$  及びモータ限界出力  $P_{m\_lim}$  は、FC スタック 4 0 からの FC 電力  $P_{fc}$  とバッテリー 2 0 から供給可能な

50

電力の限界値（限界出力  $P_{bat\_lim}$ ）[W]との和から補機負荷31の消費電力  $P_a$ を引いたものである（ $P_{m\_lim} = P_{s\_lim} - P_{fc} + P_{bat\_lim} - P_a$ ）。

【0109】

ステップS45において、ECU24は、モータ14のトルク制限値  $T_{lim}$  [N・m]を算出する。具体的には、モータ限界出力  $P_{m\_lim}$ を車速  $V_s$ で除したものをトルク制限値  $T_{lim}$ とする（ $T_{lim} = P_{m\_lim} / V_s$ ）。

【0110】

一方、ステップS44において、ECU24は、モータ14が回生中であると判定した場合には、限界供給回生電力  $P_{s\_reg\_lim}$ を算出する。限界供給回生電力  $P_{s\_reg\_lim}$ は、バッテリー20に充電可能な電力の限界値（限界充電  $P_{bat\_chg\_lim}$ ）とFCスタック40からのFC電力  $P_{fc}$ との和から補機負荷31の消費電力  $P_a$ を引いたものである（ $P_{s\_reg\_lim} = P_{bat\_chg\_lim} + P_{fc} - P_a$ ）。回生中である場合、ステップS45において、ECU24は、モータ14の回生トルク制限値  $T_{reg\_lim}$  [N・m]を算出する。具体的には、限界供給回生電力  $P_{s\_reg\_lim}$ を車速  $V_s$ で除したものをトルク制限値  $T_{lim}$ とする（ $T_{lim} = P_{s\_reg\_lim} / V_s$ ）。

10

【0111】

ステップS46において、ECU24は、目標トルク  $T_{tgt}$  [N・m]を算出する。具体的には、ECU24は、仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$ に対してトルク制限値  $T_{lim}$ による制限を加えたものを目標トルク  $T_{tgt}$ とする。例えば、仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$ がトルク制限値  $T_{lim}$ 以下である場合（ $T_{tgt\_p} \leq T_{lim}$ ）、仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$ をそのまま目標トルク  $T_{tgt}$ とする（ $T_{tgt} = T_{tgt\_p}$ ）。一方、仮目標トルク  $T_{tgt\_p}$ がトルク制限値  $T_{lim}$ を超える場合（ $T_{tgt\_p} > T_{lim}$ ）、トルク制限値  $T_{lim}$ を目標トルク  $T_{tgt}$ とする（ $T_{tgt} = T_{lim}$ ）。そして、算出した目標トルク  $T_{tgt}$ を用いてモータ14を制御する。

20

【0112】

次に、上述した基本制御モード（モードA、B、C制御）を前提とする実施例のエネルギーマネジメント・発電制御に係るバッテリー20の充電処理について、図19のフローチャートを参照して説明する。

30

【0113】

[実施例]

ステップS61において、ECU24は、目標トルク  $T_{tgt}$ が負となるモータ14が回生中（回生発電中又は回生発電時ともいう。）であるか否かを判定する。回生中でない場合には（ステップS61：NO）、ステップS62において、上述した基本制御モードが実施される。

【0114】

モータ14が回生中である場合には（ステップS61：YES）、ステップS63において、バッテリー電圧  $V_{bat}$ が酸化還元進行領域R3の下限電圧である電圧  $v_2$ に直列接続数  $N_{fc}$ を乗算した所定電圧（閾値電圧）値以下の値（ $V_{bat} < v_2 \times N_{fc}$ ）か否かを判定する。

40

【0115】

$V_{bat} > v_2 \times N_{fc}$ （ステップS63：NO）と、バッテリー電圧  $V_{bat}$ が閾値電圧値  $v_2 \times N_{fc}$ を上回る電圧である場合には、バッテリー20は十分に充電されていて、SOC値が高い状態にあるので、回生電力  $P_{reg}$ は、補機負荷31等により消費させる。

【0116】

ステップS63の判定が肯定的である場合には（ステップS63：YES）、ステップS64以降のバッテリー20の回生電力  $P_{reg}$ 及びFC電力（発電電力）  $P_{fc}$ による充電処理を行う。

50



## 【0117】

ステップS64において、負の値である目標トルク $T_{tgt}$ の絶対値（回生トルク $T_{reg}$ という。）が回生トルク閾値 $T_{regth}$ を上回っているか否かを判定する。なお、回生トルク $T_{reg}$ とは、モータ14によって発電された電力（回生電力）をバッテリー20等に給電して車輪28をモータ14により回生制動するトルクを意味している。

## 【0118】

回生トルク $T_{reg}$ が回生トルク閾値 $T_{regth}$ を上回っている場合には、回生電力 $P_{reg}$ が大きいため、この回生電力 $P_{reg}$ の回収効率を上げるために、ステップS65にて、FCスタック40の目標発電電力 $P_{fctgt}$ を、 $V_{cell} = 0.9 [V]$ に対応する閾値電力 $P_{thq}$ （図13参照）以下に下げるべく、DC/DCコンバータ22の2次電圧 $V_2$ を制御する。

## 【0119】

この実施例において、ECU24は、ステップS65において、図20に示すモードE制御（CVVC制御）を行う。

## 【0120】

すなわち、DC/DCコンバータ22によりFCスタック40のセル電圧 $V_{cell}$ を、図8の酸化安定領域R4中の劣化量Dの最も少ない電圧 $V_{lmi2}$ （例えば、 $V_{lmi2} = 0.95 [V]$ ）に固定するとともに、回生電流分、FCスタック40の出力電流であるFC電流 $I_{fc}$ が少なくなるように、ストイキ比を通常ストイキ比よりも下げて発電させるモードE制御（CVVC制御）を実行する（ $V_{cell} = v_3$ に固定するモードC制御を実行してもよい。）。

## 【0121】

モードE制御では、目標発電電圧 $V_{fctgt}$ は、 $V_{fctgt} = 0.95 V \times N_{fc}$ に固定され、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を可変とすることにより、FC電流 $I_{fc}$ が可変とされる。

## 【0122】

このように、ストイキ比を下げて、FCスタック40による充電電流を減少させることができるので、バッテリー20等への回生電力 $P_{reg}$ の充電による回収効率が上がり、エネルギー損失を少なくできる。

## 【0123】

なお、セル電圧 $V_{cell}$ が高電圧となる酸化安定領域R4での低酸素ストイキ比可変固定電圧発電制御であるモードE制御は、図8から分かるように、劣化量Dの観点からは $V_{cell} = V_{lmi2}$ が好ましいが、効率の観点からは、より高いセル電圧 $V_{cell}$ である $V_{cell} = v_4$ が好ましい。したがって、電圧固定ストイキ比可変電流制御（CVVC制御）のモードE制御は、セル電圧 $V_{cell}$ を電圧 $v_3 \sim v_4$ の間のいずれかの値に固定して（ $v_3 < V_{cell} < v_4$ ）行う制御とすればよい。

## 【0124】

なお、實際上、ステップS66において、バッテリー20のSOC値が目標SOC $t_h$ （所定値であり、例えば、 $SOC_{th} = 50 [\%]$ ）以上であるか否かを判定する。目標SOC $t_h$ を下回る値であった場合には（ステップS66：No）、ステップS67において、FCスタック40の目標発電電力 $P_{fctgt}$ を、ネット効率 $Net [\%]$ がピーク（最大値、頂点）となる発電電力（発電量） $P_{fcq} [kW]$ （図21参照）に設定して発電させる。

## 【0125】

図21は、発電電力 $P_{fc}$ に対するネット効率 $Net [\%]$ の特性302、304、306を示している。特性302、304、306の各効率 $Net [\%]$ は、投入された水素エネルギーを $H_{erg}$ 、FCスタック40の発電電力を $P_{fc}$ （ $P_{fc} = I_{fc} \times V_{fc}$ ）、補機負荷31の消費電力を $P_a$ 、DC/DCコンバータ22のスイッチング損失を $P_{swloss}$ 、バッテリー20の充電損失を $P_{bloss}$ とすれば、特性302では、 $Net = \{ 100 \times (P_{fc} - P_a - P_{swloss} - P_{bloss}) / H_{erg} \}$ 、

10

20

30

40

50

特性304では、 $Net = \{100 \times (Pfc - Pa - Pswloss) / Herg\}$ 、特性306では、 $Net = \{100 \times (Pfc - Pa) / Herg\}$ となり、いずれも、発電電力 $Pfc$   $q$ で最大値(ピーク値)になる。

【0126】

ステップS66の判定において、バッテリー20のSOC値が目標SOC $t_h$ 以上であった場合には、ステップS68において、FCスタック40の目標発電電力 $Pfc$   $t_{gt}$ を、図21中、ネット効率 $Net$  [%]がピーク(最大値、頂点)となる発電電力(発電量) $Pfc$   $q$  [kW]より小さい領域での発電電力 $Pfc$   $p$ に設定して発電させる。

【0127】

一方、上述したステップS64の判定において、目標トルク $T$   $t_{gt}$ の絶対値(回生トルク $T$   $reg$ という。)が回生トルク閾値 $T$   $reg$   $t_h$ 以下である場合には(ステップS64:NO)、回生電力をより効率的に回収するために、ステップS69において、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御する。

【0128】

DC/DCコンバータ22を直結状態に制御するためには、ゲート駆動信号 $U$   $L$ をローレベルとして下アームスイッチング素子116をオフにするとともに、ゲート駆動信号 $U$   $H$ をハイレベルとして上アームスイッチング素子112をオンにする。同時に、ステップS69において、図20のハッチング領域で示すモードD制御でFCスタック40を動作させる。モードD制御では、目標発電電圧 $V$   $fct$   $gt$ は、 $V$   $fct$   $gt$   $V$   $bat$ と直結状態とされる。セル電圧 $V$   $cell$ は、 $v$   $1$   $V$   $cell$   $v$   $2$ とされ、目標酸素濃度 $C$   $ot$   $gt$ を可変とすることにより、FC電流 $I$   $fc$ が可変とされ、図22に示す電流の経路で、バッテリー20が回生電力 $P$   $reg$ 及びFC電力 $P$   $fc$ により充電される。

【0129】

ステップS69の直結状態においても、ステップS66、S67、S68で説明したのと同様に、ステップS70において、バッテリー20のSOC値が目標SOC $t_h$ 、例えば、50 [%]以上であるか否かを判定する。目標SOC $t_h$ を下回る値であった場合には(ステップS70:No)、ステップS71において、FCスタック40の目標発電電力 $P$   $fct$   $gt$ を、ネット効率 $Net$  [%]がピーク(最大値、頂点)となる発電電力(発電量) $P$   $fc$   $q$  [kW](図21参照)に設定して発電させる。

【0130】

一方、ステップS70の判定において、バッテリー20のSOC値が目標SOC $t_h$ 以上であった場合には、ステップS72において、FCスタック40の目標発電電力 $P$   $fct$   $gt$ を、ネット効率 $Net$  [%]がピーク(最大値、頂点)となる発電電力(発電量) $P$   $fc$   $q$  [kW]より小さい領域での発電電力 $P$   $fc$   $p$ に設定して発電させる。

【0131】

図23は、時点 $t$   $11$ で回生中と判定された場合の、ステップS69の処理を説明するタイムチャートを示している。

【0132】

時点 $t$   $11$ で車速 $V$   $s$ が減速を開始すると回生状態となるので、FCスタック40の発電を制限するためにエアポンプ回転数 $N$   $ap$ が低下される。これにより、FC電圧 $V$   $fc$ が上昇して、FC電流 $I$   $fc$ が減少し、ステップS63の判定( $V$   $bat$   $<$   $v$   $2$   $\times$   $N$   $fc$   $=$   $V$   $fc$ )が肯定的となる。時点 $t$   $12$ にて、直結フラグがオン(ON)状態とされ、図22に示したように、上アームスイッチング素子112がオン状態を継続する状態(DC/DCコンバータ22が直結状態)とされるので、時点 $t$   $12$ 以降、バッテリー電圧 $V$   $bat$ にFC電圧 $V$   $fc$ が追随する。なお、回生中にバッテリー20が充電されるので、バッテリー電圧 $V$   $bat$ は、時点 $t$   $12$ 以降、徐々に増加する。

【0133】

また、直結状態となることで、DC/DCコンバータ22のスイッチング損失 $P$   $sw$   $loss$ は、概ねゼロ値となる。DC/DCコンバータ22の損失は、「上アームスイッチング素子112のオン電圧 $\times$ 上アームスイッチング素子112を2次側2Sから1次側1

10

20

30

40

50

Sに流れる電流」に低減される。また、時点 $t_{12}$ からネット効率 $Net$  がピークとなる発電電力 $P_{fc}$   $q$ でFCスタック40が発電制御される(ステップS71)。

【0134】

時点 $t_{11}$  ~  $t_{13}$ 程度までの過渡制御中にシステム負荷 $P_{sys}$ の値が安定し、時点 $t_{13}$ 以降の等減速中には、システム負荷 $P_{sys}$ が負(回生中)で一定値となる。

【0135】

[実施例のまとめ]

以上説明したように、実施例に係る燃料電池車両10は、酸素を含む第1ガスと水素を含む第2ガスが供給され、触媒によって反応が促進されて発電するFCスタック40と、このFCスタック40に、前記第1ガス及び前記第2ガスの少なくとも一方を供給するガス供給手段{燃料ガス供給手段(レギュレータ46)、酸化剤ガス供給手段(エアポンプ60)}と、FCスタック40のFC電圧 $V_{fc}$ を調整するDC/DCコンバータ22(電圧調整手段)と、FCスタック40の出力電力(発電電力) $P_{fc}$ により駆動される負荷としてのモータ14(駆動モータ)と、モータ14からの回生発電による電力を蓄電するバッテリー20(蓄電装置)と、FCスタック40、前記ガス供給手段、DC/DCコンバータ22、モータ14、及びバッテリー20を制御するECU24(制御手段)と、を有する。

【0136】

ECU24は、モータ14の回生発電時に、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させてFCスタック40の出力電力 $P_{fc}$ (FC電流 $I_{fc}$ )を低下させ(ステップS69)、バッテリー20を蓄電するようにしている。

【0137】

このように、モータ14の回生発電時に、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させてFCスタック40の出力電力 $P_{fc}$ を低下させ、バッテリー20に蓄電(充電)するようにしたので、特許文献2のように、FCスタック40の発電時にコンタクタCTR1、CTR2を開放させることなく、高効率に回生電力を回収することができる。これにより、コンタクタCTR1、CTR2の耐久性が確保されるとともに、コンタクタCTR1、CTR2の開放に伴うノイズ発生懸念がなくなる。

【0138】

ECU24は、FCスタック40の出力電力(発電電力) $P_{fc}$ を低下させる際、ネット効率 $Net$  がピーク(最大)となる高効率領域(図21の $P_{fc}$   $q$ 近傍)まで低下させることで、一層効率よく、回生電力 $P_{reg}$ を回収することができる。

【0139】

なお、ECU24は、モータ14の回生発電時に、バッテリー電圧 $V_{bat}$ が、FCスタック40の酸化還元進行領域R3の下限電圧 $v_2$ 以下の値( $V_{bat} < v_2 \times N_{fc}$ 、ステップS63:YES)であるときに、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させてFCスタック40の出力電力 $P_{fc}$ を低下させ、バッテリー20に蓄電するように制御することで、FCスタック40の劣化を防止しつつ、回生電力 $P_{reg}$ を高効率に回収することができる。

【0140】

また、ECU24は、モータ14の回生発電時に、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御する際、回生トルク $T_{tgt}$ が閾値トルク $T_{reg\_th}$ を上回る高トルクであるか否かを判定し(ステップS64)、上回らないトルクであると判定したときに(ステップS64:NO)、DC/DCコンバータ22を直結状態に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させてFCスタック40の出力電力 $P_{fc}$ を低下させながら、バッテリー20に蓄電するように制御することで、回生トルク $T_{tgt}$ が小さい場合であっても、高効率且つ確実に回生電力 $P_{reg}$ をバッテリー20に回収することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 1 】

さらに、E C U 2 4 は、回生トルク  $T_{t g t}$  が閾値トルク  $T_{r e g t h}$  を上回る高トルクであると判定した場合には（ステップ S 6 4 : Y E S）、D C / D C コンバータ 2 2 を直結状態に制御しないで、D C / D C コンバータ 2 2 により、F C スタック 4 0 の F C 電圧  $V_{f c}$  を F C スタック 4 0 の酸化還元進行電圧範囲（酸化還元進行領域 R 3）の上限電圧  $v_3$  以上の値に制御するとともに、前記ガス供給手段により前記酸素濃度又は水素濃度を低下させて F C スタック 4 0 の出力電力  $P_{f c}$  を低下させ、バッテリー 2 0 に蓄電するように制御しているので、回生トルク  $T_{t g t}$  が大きい場合にも、この回生トルク  $T_{t g t}$  に係る大きな回生電力を、F C スタック 4 0 を劣化させることなく、バッテリー 2 0 に高効率に回収することができる。

10

## 【 0 1 4 2 】

## [ 実施例の変形例 ]

図 2 4 は、実施例の変形例に係る F C ユニット 1 8 の概略構成を示している。この変形例に係る F C ユニット 1 8 において、カソード系 5 6 a に、エアポンプ 6 0、加湿器 6 2、及び背圧弁 6 4 の他、循環弁（カソード循環弁）6 6 が含まれる。

## 【 0 1 4 3 】

この場合、背圧弁 6 4 の出力側の配管 6 4 b と空気取入口側（入力側）の配管 6 0 a との間に、配管 6 6 a、循環弁 6 6、及び配管 6 6 b が接続されている。これにより、排気ガス（カソードオフガス）の一部が循環ガスとして、配管 6 6 a、循環弁 6 6 及び配管 6 6 b を通って、配管 6 0 a に供給され、車外からの新規空気に合流し、エアポンプ 6 0 に吸気される。

20

## 【 0 1 4 4 】

循環弁 6 6 は、例えば、バタフライ弁で構成され、その開度（以下「循環弁開度  $c$ 」又は「開度  $c$ 」という。）が E C U 2 4 によって制御されることで循環ガスの流量が制御される。流量センサ 7 0 は、配管 6 6 b に取り付けられ、配管 6 0 a に向かう循環ガスの流量  $Q_c$  [ g / s ] を検出して E C U 2 4 に出力する。

## 【 0 1 4 5 】

図 2 5 の特性 1 6 7 に示すように、排気ガスが通流する循環弁開度  $c$  を大きくすればするほど、カソード流路 7 4 中の酸素濃度  $C_o$  を低下させることができる。

## 【 0 1 4 6 】

そこで、この変形例では、E C U 2 4 は、モータ 1 4 の回生発電時に F C スタック 4 0 の酸化還元進行電圧範囲（酸化還元進行領域 R 3）外の所定電圧（ $v_3 \sim v_4$  までの酸化安定領域 R 4 内の電圧）内で D C / D C コンバータ 2 2 により F C スタック 4 0 の F C 電圧  $V_{f c}$  を固定（たとえば、 $V_{f c} = v_3$  や  $V_{f c} = V_{l m i 2}$  に固定したモード E 制御）した状態、あるいは D C / D C コンバータ 2 2 を直結状態（モード D 制御、 $V_{f c t g t} = V_{b a t}$ ）で、目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  を可変する際に、循環弁 6 6 の開度  $c$  のみを可変することで F C 電流  $I_{f c}$  を可変とする。

30

## 【 0 1 4 7 】

このように、F C スタック 4 0 の酸化還元進行電圧範囲（酸化還元進行領域 R 3）外で F C スタック 4 0 の電圧を D C / D C コンバータ 2 2 により固定した状態あるいは D C / D C コンバータ 2 2 の直結状態で循環弁 6 6 の開度  $c$  を可変することで F C スタック 4 0 の出力電力を減少させ、これにより F C スタック 4 0 の劣化を抑制し（図 8 参照）、劣化を抑制した状態で、回生発電により発生した回生電力  $P_{r e g}$  をバッテリー 2 0 に回収するようにしたので、F C スタック 4 0 の出力電力を減少させた分、回生電力  $P_{r e g}$  を有効に回収することができる。よって、F C スタック 4 0 の劣化を抑制しながら、回生電力  $P_{r e g}$  の回収効率（回生効率）を上げることができる。

40

## 【 0 1 4 8 】

すなわち、この変形例では、回生制御を行う際に、実施例のように、エアポンプ 6 0 の回転数や背圧弁 6 4 の開度を変えることなく、循環弁 6 6 の開度  $c$  のみを可変することで F C 電流  $I_{f c}$  を可変するようにしたので、制御が簡便になるという利点が得られる。

50

## 【 0 1 4 9 】

なお、この発明は、上記実施例及び実施例の変形例に限らず、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。例えば、以下の構成を採用することができる。

## 【 0 1 5 0 】

F Cシステム 1 2 はF C車両 1 0 に搭載したが、これに限らず、別の対象に搭載してもよい。例えば、F Cシステム 1 2 を船舶や航空機等の移動体に用いることもできる。或いは、F Cシステム 1 2 を家庭用電力システムに適用してもよい。

## 【 0 1 5 1 】

F Cスタック 4 0 とバッテリー 2 0 を並列に配置し、バッテリー 2 0 の手前にD C / D Cコンバータ 2 2 を配置する構成としたが、これに限らない。例えば、図 2 6 に示すように、F Cスタック 4 0 とバッテリー 2 0 を並列に配置し、昇圧式、降圧式又は昇降圧式のD C / D Cコンバータ 2 2 をF Cスタック 4 0 の手前に配置する構成であってもよい。あるいは、図 2 7 に示すように、F Cスタック 4 0 とバッテリー 2 0 を並列に配置し、F Cスタック 4 0 の手前にD C / D Cコンバータ 1 6 0 を、バッテリー 2 0 の手前にD C / D Cコンバータ 2 2 を配置する構成であってもよい。あるいは、図 2 8 に示すように、F Cスタック 4 0 とバッテリー 2 0 を直列に配置し、バッテリー 2 0 とモータ 1 4 の間にD C / D Cコンバータ 2 2 を配置する構成であってもよい。

10

## 【 0 1 5 2 】

ストイキ比を調整する手段又は方法として、目標酸素濃度  $C_{o,t,g,t}$  を調整するものを用いたが、これに限らず、目標水素濃度を調整することも可能である。また、目標濃度の代わりに、目標流量又は目標濃度と目標流量の両方を用いることもできる。

20

## 【 0 1 5 3 】

酸素を含む空気を供給するエアポンプ 6 0 を備える構成を例示したが、これに代えて又は加えて、水素を供給する水素ポンプを備える構成としてもよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 5 4 】

1 0 ... 燃料電池車両	1 2 ... 燃料電池システム	
1 4 ... モータ	1 6 ... インバータ	
1 8 ... 燃料電池ユニット	2 0 ... 高電圧バッテリー (蓄電装置)	30
2 2 ... D C / D C コンバータ (電圧調整手段)		
2 4 ... E C U (制御装置)	3 3 ... 負荷	
4 0 ... F C	4 4 ... 水素タンク	
4 6 ... レギュレータ	6 0 ... エアポンプ	

【図1】

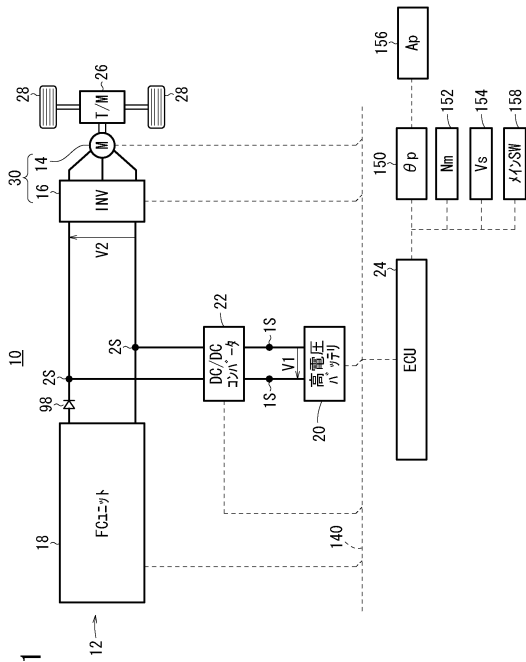


FIG. 1

【図2】

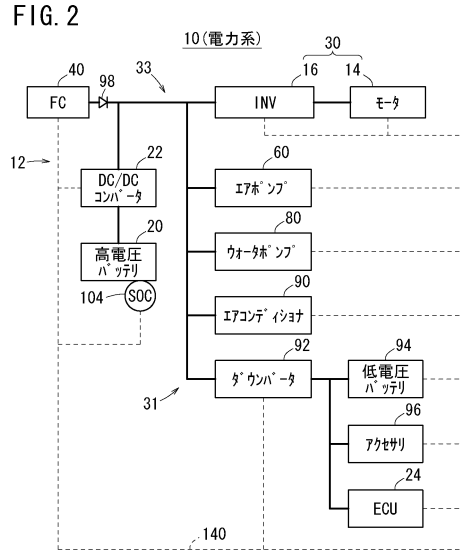


FIG. 2

【図3】

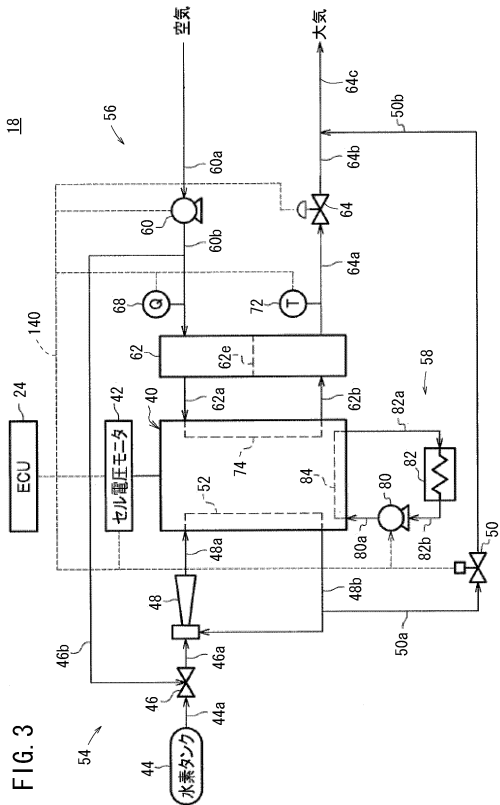


FIG. 3

【図4】

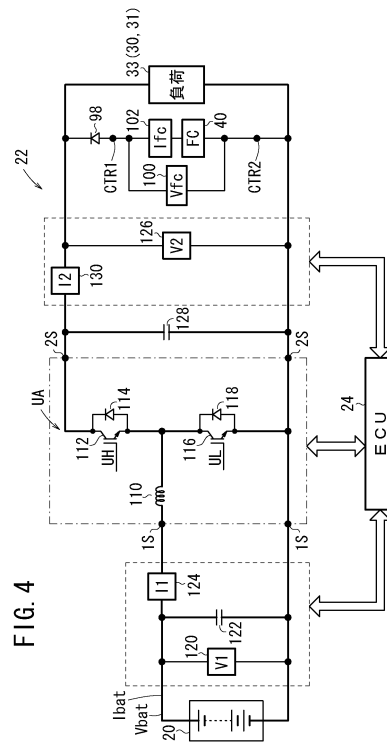
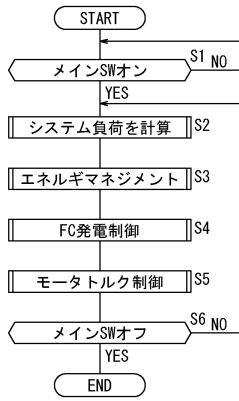


FIG. 4

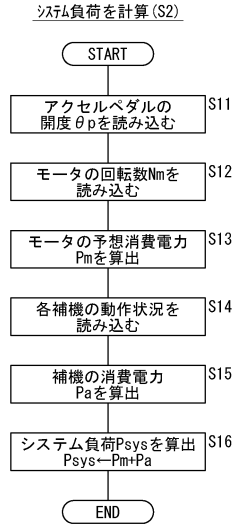
【 図 5 】

FIG. 5



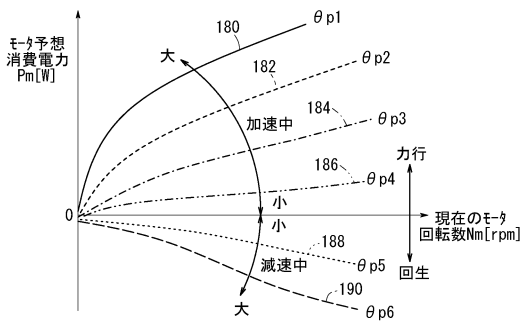
【 図 6 】

FIG. 6



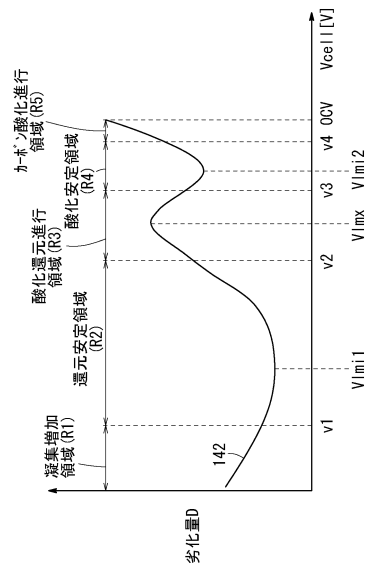
【 図 7 】

FIG. 7

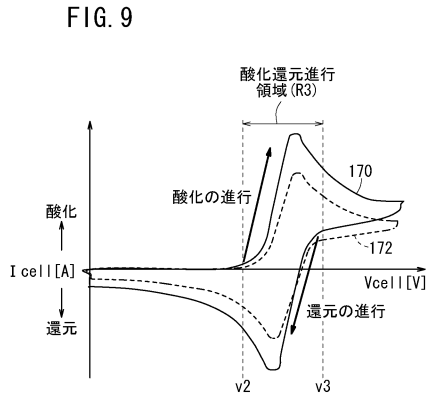


【 図 8 】

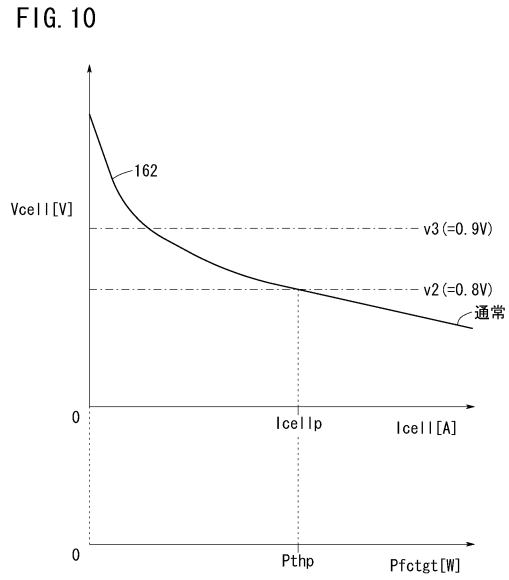
FIG. 8



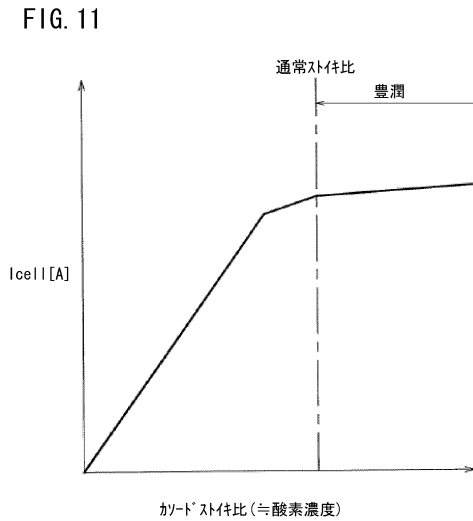
【 図 9 】



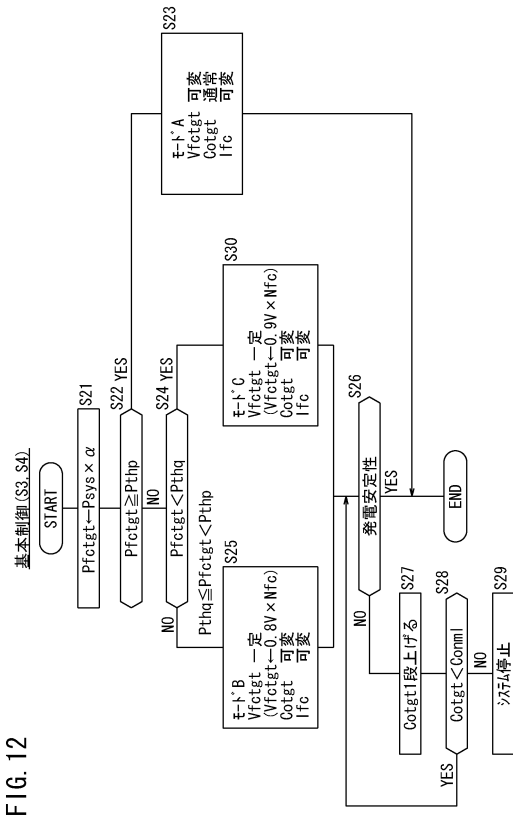
【 図 10 】



【 図 11 】



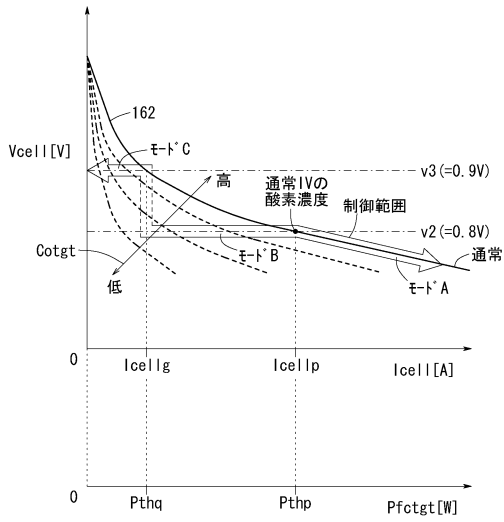
【 図 12 】





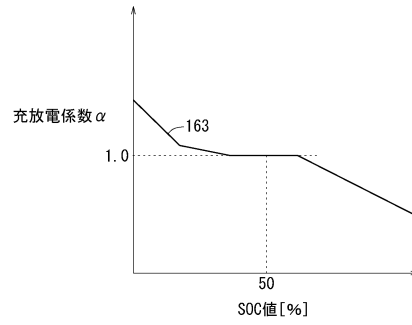
【 図 1 3 】

FIG. 13



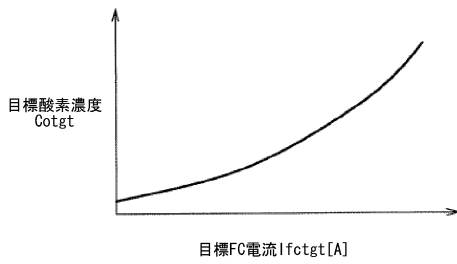
【 図 1 4 】

FIG. 14



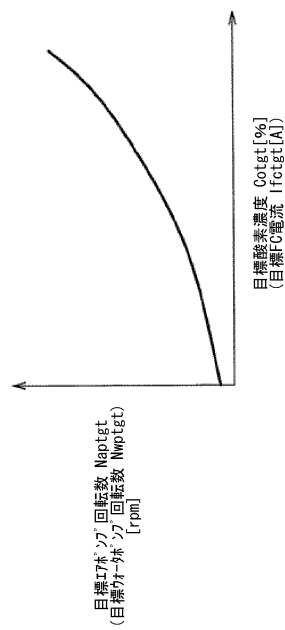
【 図 1 5 】

FIG. 15

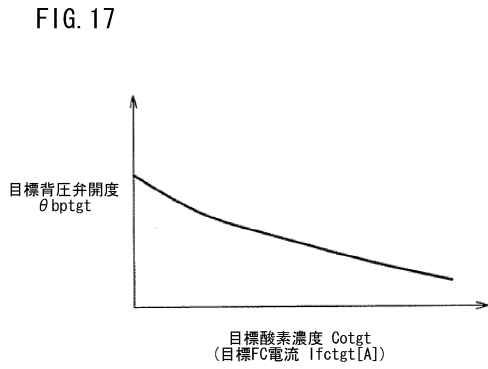


【 図 1 6 】

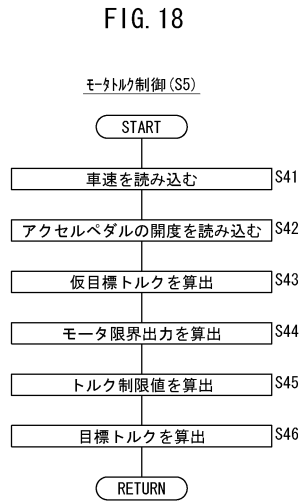
FIG. 16



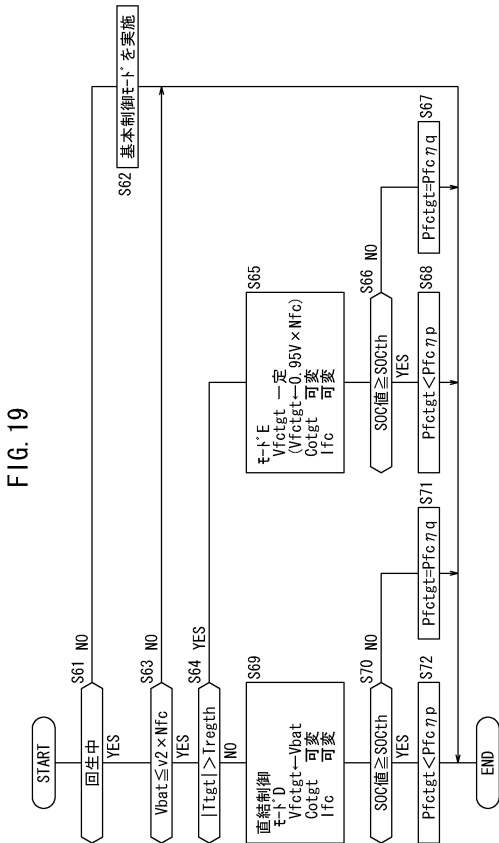
【図17】



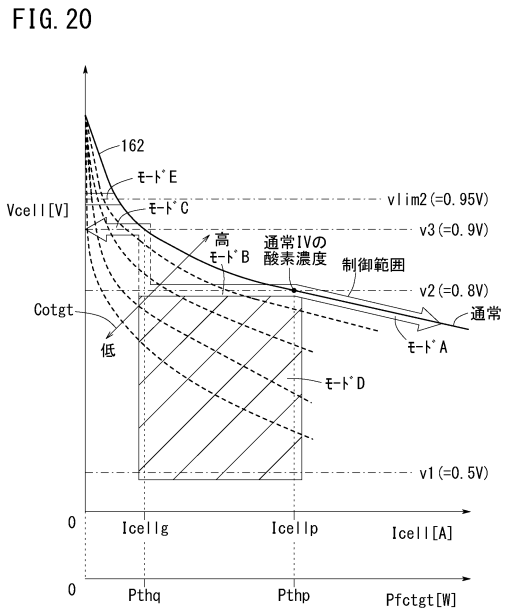
【図18】



【図19】

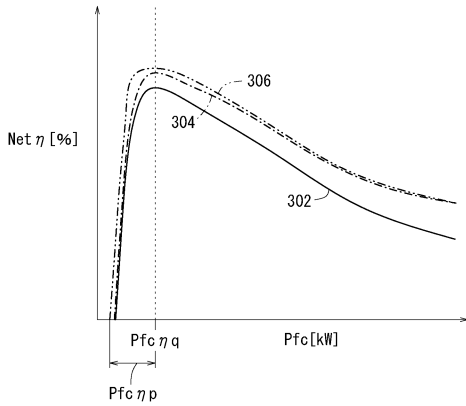


【図20】



【 図 2 1 】

FIG. 21



【 図 2 2 】

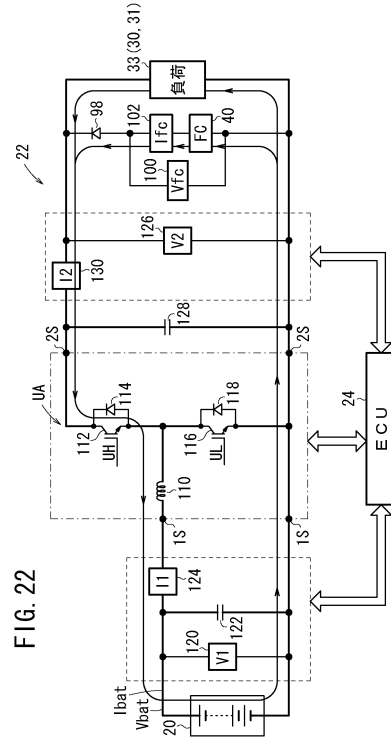
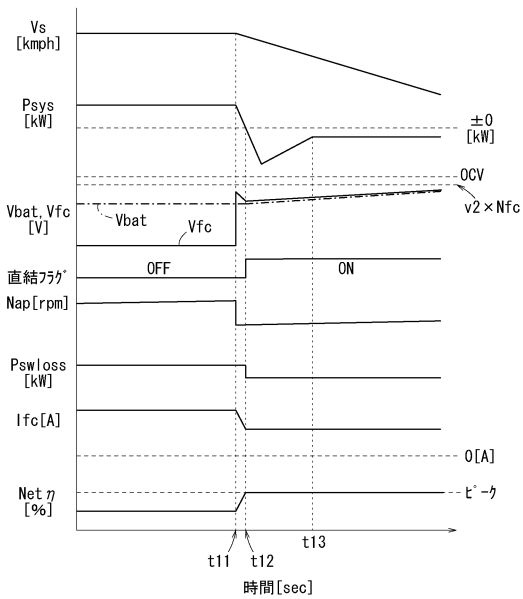


FIG. 22

【 図 2 3 】

FIG. 23



【 図 2 4 】

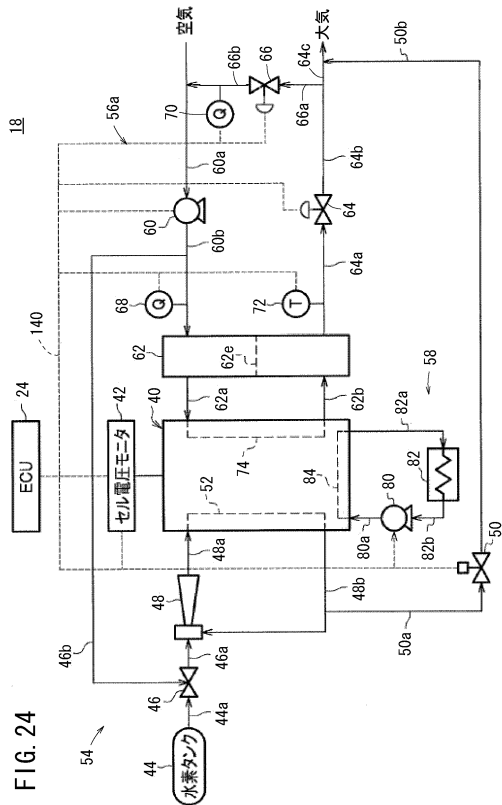
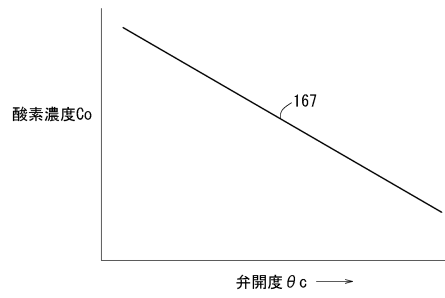


FIG. 24

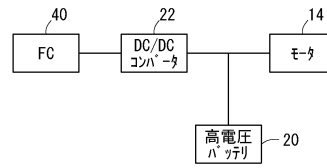
【図 25】

FIG. 25



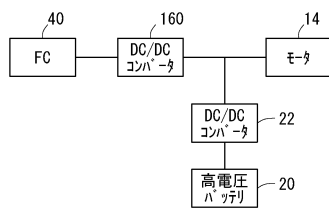
【図 26】

FIG. 26



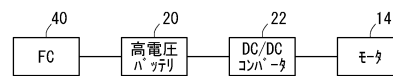
【図 27】

FIG. 27



【図 28】

FIG. 28



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 H 0 1 M 8/00 A  
 H 0 1 M 8/10

(74)代理人 100169225

弁理士 山野 明

(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 佐伯 響

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 渡邊 和典

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

審査官 相羽 昌孝

(56)参考文献 特開2004-180475(JP,A)

特開2008-218398(JP,A)

特開平07-240212(JP,A)

特開2007-005038(JP,A)

特開2009-295516(JP,A)

特開2003-009313(JP,A)

特開2004-056868(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 8 / 0 0

H 0 1 M 8 / 0 4 - 8 / 0 6

H 0 1 M 8 / 1 0

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