

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4893772号  
(P4893772)

(45) 発行日 平成24年3月7日(2012.3.7)

(24) 登録日 平成24年1月6日(2012.1.6)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 X
HO 1 M 8/00 (2006.01)	HO 1 M 8/00 Z
B 6 O L 11/18 (2006.01)	HO 1 M 8/04 H
	HO 1 M 8/04 J
	B 6 O L 11/18 G

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-84637 (P2009-84637)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成21年3月31日 (2009.3.31)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2010-238495 (P2010-238495A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成22年10月21日 (2010.10.21)	(74) 代理人	100075258
審査請求日	平成23年2月4日 (2011.2.4)		弁理士 吉田 研二
		(74) 代理人	100096976
			弁理士 石田 純
		(72) 発明者	吉田 道雄
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	馬屋原 健司
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、  
燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、  
燃料電池の酸化剤極に酸化剤ガスを供給する燃料ガス供給流路と燃料ガス供給流路に設けられた燃料供給弁を含む燃料ガス供給手段と、  
燃料電池の燃料極から反応後の燃料ガスを排出するガス排出流路と、  
ガス排出流路に設けられたガス排出弁と、  
燃料供給弁よりも燃料極側でガス排出弁よりも燃料極側にある燃料ガス流路の圧力を検出する圧力センサと、  
燃料ガスの漏洩を判定する制御部と、を備える燃料電池システムであって、  
制御部は、  
燃料電池の始動の際に、燃料電池の始動電圧が開回路電圧より低い運転電圧よりも低い場合、燃料ガス供給手段によって燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給した後、酸化剤ガスの供給開始までの間に、燃料供給弁とガス排出弁とを閉止し、圧力センサによって検出した第1の圧力低下割合と燃料電池の出力電流から推定した燃料ガスの消費量に基づく第2の圧力低下割合とによって燃料ガスの漏洩の判定を行う漏洩判定手段と、  
燃料ガスの漏洩の判定を行った後、酸化剤ガス供給手段によって酸化剤ガスを酸化剤極に供給し、燃料電池の電圧を始動電圧から開回路電圧よりも低い運転電圧まで上昇させて燃料電池を始動する始動手段と

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池システムであって、

制御部の漏洩判定手段は、燃料電池の始動電圧が開回路電圧及び開回路電圧より低い運転電圧よりも低い場合、燃料電池の出力電路に設けられたリレーを開とし、

制御部の始動手段は、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、該リレーを閉とすること、  
を特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の燃料電池システムであって、

充放電可能な二次電池と、

二次電池の電圧を昇圧する昇圧コンバータと、を含み、

燃料電池は、リレーを介して昇圧コンバータの二次側に接続され、

制御部の始動手段は、該リレーを閉とした後、昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧とすること、

を特徴とする燃料電池システム。

【請求項 4】

燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、

燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給流路と燃料ガス供給流路に設けられた燃料供給弁を含む燃料ガス供給手段と、

燃料電池の酸化剤極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、

燃料電池の燃料極から反応後の燃料ガスを排出するガス排出流路と、

ガス排出流路に設けられたガス排出弁と、

燃料供給弁よりも燃料極側でガス排出弁よりも燃料極側にある燃料ガス流路の圧力を検出する圧力センサと、

燃料ガスの漏洩を判定する制御部と、を備える燃料電池システムであって、

制御部は、

燃料電池の始動の際に、燃料電池の始動電圧が開回路電圧よりも低く、開回路電圧より低い運転電圧よりも高い場合、始動の際に燃料電池の出力電路に設けられたリレーを閉として燃料電池の電圧を始動電圧から運転電圧まで低下させた後、燃料ガス供給手段によって燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給した後、酸化剤ガスの供給開始までの間に、燃料供給弁とガス排出弁とを閉止し、圧力センサによって検出した第 1 の圧力低下割合と燃料電池の出力電流から推定した燃料ガスの消費量に基づく第 2 の圧力低下割合とによって燃料ガスの漏洩を判定する漏洩判定手段と、

燃料ガスの漏洩の判定を行った後、燃料電池の電圧を運転電圧に保ったまま、酸化剤ガス供給手段によって酸化剤ガスを酸化剤極に供給して燃料電池を始動させる始動手段と、  
を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料電池システムであって、

充放電可能な二次電池と、

二次電池の電圧を昇圧する昇圧コンバータと、を備え、

燃料電池は、リレーを介して昇圧コンバータの二次側に接続され、

制御部の漏洩判定手段は、燃料電池の始動電圧が開回路電圧よりも低く、開回路電圧より低い運転電圧よりも高い場合、始動の際に該リレーを閉とするとともに昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧とすることによって燃料電池の電圧を始動電圧から運転電圧まで低下させ、

制御部の始動手段は、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧に保つことにより燃料電池の電圧を運転電圧に保つこと、

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、

漏洩判定手段は、第 1 の圧力低下割合から第 2 の圧力低下割合を差し引いて第 3 の圧力低下割合を計算し、第 3 の圧力低下割合が第 1 の閾値以上であった場合に漏洩と判定すること、

を特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の燃料電池システムであって、

漏洩判定手段は、第 1 の圧力低下割合が第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上であった場合に漏洩と判定すること、

を特徴とする燃料電池システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムおよび燃料電池システムを搭載する電動車両の始動時の制御に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料極に燃料ガスとしての水素を供給し、酸化剤極に酸化剤ガスとして空気を供給し、水素と空気中の酸素の電気化学反応によって発電すると共に酸化剤極に水を生成する燃料電池の実用化が検討されつつある。

20

【0003】

このような燃料電池においては、始動の際に燃料極に供給する水素の圧力と酸化剤極に供給する空気の圧力がそれぞれ通常運転の際の各圧力と同程度の場合には、水素ガスと空気がそれぞれ燃料極と酸化剤極の中で偏在し、このガスの偏在によって発生する電気化学反応で電極が劣化してしまう場合があった。そこで、燃料電池の始動の際に燃料極に供給する水素の圧力と酸化剤極に供給する空気の圧力を通常の各供給圧力よりも高くすることによって電極の劣化を防止する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

しかし、燃料電池の始動の際に水素ガスと空気とを高圧で燃料電池に供給した場合、燃料電池の電圧の上昇速度が大きくなって燃料電池の電圧が上限電圧をオーバーシュートしてしまうという問題があった。このため、特許文献 1 には、燃料電池の始動の際に通常発電の際の圧力よりも高い圧力で水素ガスと空気とを供給する場合、燃料電池の電圧が上限電圧よりも低い所定の電圧に達したら、燃料電池から出力を取り出して車両駆動用モータや抵抗器などに出力する方法が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 26891 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

ところで、燃料電池は燃料ガスとして水素を使用することから、始動の際には水素漏れが無いことを確認することが必要となる。これには水素系統を封止してその圧力低下によって系統からの水素漏れを判定する方法が使われる。しかし、燃料電池の内部で水素と空気中の酸素とが電気化学反応をしている状態では、燃料電池に供給された水素が電気化学反応によって消費されてしまうため、水素の漏洩がなくとも封止した水素系統の圧力が低下してしまい、水素漏れを正確に判定することができない場合がある。そこで、図 8 に示すように、時間  $t_0'$  にイグニッションキーをオンとした後、線  $a'$  で示す燃料電池の出力電圧の制御値を開回路電圧  $OCV$  に設定し、時間  $t_1'$  に水素と酸素とを燃料電池に供給して線  $b'$  のように水素系統と酸素系統を加圧して燃料電池の電圧の上昇を開始させ、

50

燃料電池の電圧を一端開回路電圧  $OCV$  まで上昇させる。そして燃料電池の電圧が開回路電圧  $OCV$  になっている時間  $t_2'$  と時間  $t_3'$  との間で水素漏れを検知する方法が用いられている。これは、燃料電池の電圧が開回路電圧  $OCV$  に達すると燃料電池の内部で水素と酸素との電気化学反応が進まなくため、封止した水素系統の水素が消費されず、水素の漏洩がない場合には封止した水素系統の圧力がほとんど低下しない状態を作ることができるからである。そして、この状態で水素系統の圧力低下度合いを検出することによって水素漏れを判定することができる。しかし、燃料電池の電圧が開回路電圧  $OCV$  となると燃料電池の耐久性を損なう場合があるという問題があった。

【0007】

そこで、本発明は、燃料電池の始動の際に燃料電池の耐久性を損なわずに水素漏れを判定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の燃料電池システムは、燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、燃料電池の酸化剤極に酸化剤ガスを供給する燃料ガス供給流路と燃料ガス供給流路に設けられた燃料供給弁を含む燃料ガス供給手段と、燃料電池の燃料極から反応後の燃料ガスを排出するガス排出流路と、ガス排出流路に設けられたガス排出弁と、燃料供給弁よりも燃料極側でガス排出弁よりも燃料極側にある燃料ガス流路の圧力を検出する圧力センサと、燃料ガスの漏洩を判定する制御部と、を備える燃料電池システムであって、制御部は、燃料電池の始動の際に、燃料電池の始動電圧が開回路電圧より低い運転電圧よりも低い場合、燃料ガス供給手段によって燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給した後、酸化剤ガスの供給開始までの間に、燃料供給弁とガス排出弁とを閉止し、圧力センサによって検出した第1の圧力低下割合と燃料電池の出力電流から推定した燃料ガスの消費量に基づく第2の圧力低下割合とによって燃料ガスの漏洩の判定を行う漏洩判定手段と、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、酸化剤ガス供給手段によって酸化剤ガスを酸化剤極に供給し、燃料電池の電圧を始動電圧から開回路電圧よりも低い運転電圧まで上昇させて燃料電池を始動する始動手段とを備えることを特徴とする。

【0010】

本発明の燃料電池システムにおいて、制御部の漏洩判定手段は、燃料電池の始動電圧が開回路電圧及び開回路電圧より低い運転電圧よりも低い場合、燃料電池の出力電路に設けられたリレーを開とし、制御部の始動手段は、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、該リレーを閉とすること、としても好適であるし、充放電可能な二次電池と、二次電池の電圧を昇圧する昇圧コンバータと、を含み、燃料電池は、リレーを介して昇圧コンバータの二次側に接続され、制御部の始動手段は、該リレーを閉とした後、昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧とすること、としても好適である。

【0011】

本発明の燃料電池システムは、燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給流路と燃料ガス供給流路に設けられた燃料供給弁を含む燃料ガス供給手段と、燃料電池の酸化剤極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、燃料電池の燃料極から反応後の燃料ガスを排出するガス排出流路と、ガス排出流路に設けられたガス排出弁と、燃料供給弁よりも燃料極側でガス排出弁よりも燃料極側にある燃料ガス流路の圧力を検出する圧力センサと、燃料ガスの漏洩を判定する制御部と、を備える燃料電池システムであって、制御部は、燃料電池の始動の際に、燃料電池の始動電圧が開回路電圧よりも低く、開回路電圧より低い運転電圧よりも高い場合、始動の際に燃料電池の出力電路に設けられたリレーを閉として燃料電池の電圧を始動電圧から運転電圧まで低下させた後、燃料ガス供給手段によって燃料電池の燃料極に燃料ガスを供給した後、酸化剤ガスの供給開始までの間に、燃料供給弁とガス排出弁とを閉止し、圧力センサによって検出した第1の圧力低下割合と燃料電池の出力電流から推定した燃料ガスの消費量に基づく第2の圧力低下割合とによって燃料ガスの漏洩を判

10

20

30

40

50

定する漏洩判定手段と、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、燃料電池の電圧を運転電圧に保ったまま、酸化剤ガス供給手段によって酸化剤ガスを酸化剤極に供給して燃料電池を始動させる始動手段と、を備えることを特徴とする。

【0012】

本発明の燃料電池システムにおいて、充放電可能な二次電池と、二次電池の電圧を昇圧する昇圧コンバータと、を備え、燃料電池は、リレーを介して昇圧コンバータの二次側に接続され、制御部の漏洩判定手段は、燃料電池の始動電圧が開回路電圧よりも低く、開回路電圧より低い運転電圧よりも高い場合、始動の際に該リレーを閉とするとともに昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧とすることによって燃料電池の電圧を始動電圧から運転電圧まで低下させ、制御部の始動手段は、燃料ガスの漏洩の判定を行った後、昇圧コンバータの二次側電圧を運転電圧に保つことにより燃料電池の電圧を運転電圧に保つこと、としても好適である。

10

【0014】

本発明の燃料電池システムにおいて、漏洩判定手段は、第1の圧力低下割合から第2の圧力低下割合を差し引いて第3の圧力低下割合を計算し、第3の圧力低下割合が第1の閾値以上であった場合に漏洩と判定すること、としても好適であるし、漏洩判定手段は、第1の圧力低下割合が第1の閾値よりも大きい第2の閾値以上であった場合に漏洩と判定すること、としても好適である。

【発明の効果】

【0015】

20

本発明は、燃料電池の始動の際に燃料電池の耐久性を損なわずに水素漏れを判定することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態における燃料電池システムの系統図である。

【図2】本発明の実施形態における燃料電池システムの始動の際の電圧の上昇を示すグラフである。

【図3】本発明の実施形態における燃料電池システムの始動の際に封止した水素系統の圧力の低下を示すグラフである。

【図4】本発明の実施形態における燃料電池システムの始動の際の動作を示すフローチャートである。

30

【図5】本発明の実施形態における燃料電池システムの他の始動の際の電圧の上昇を示すグラフである。

【図6】本発明の実施形態における燃料電池システムの他の始動の際に封止した水素系統の圧力の低下を示すグラフである。

【図7】本発明の実施形態における燃料電池システムの他の始動の際の動作を示すフローチャートである。

【図8】従来技術の燃料電池システムの始動の際の電圧の上昇を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

40

以下、本発明の好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。図1に示すように、電動車両200に搭載されている燃料電池システム100は、充放電可能な二次電池12と、二次電池12の電圧を昇圧または降圧する昇降圧コンバータ13と、昇降圧コンバータ13と、昇降圧コンバータ13の直流電力を交流電力に変換して走行用モータ15に供給するインバータ14と、燃料電池11と、を備えている。

【0018】

二次電池12は充放電可能なリチウムイオン電池などによって構成され、その電圧は走行用モータ15の駆動電圧よりも低い電圧であるが、走行用モータの駆動電圧と同等あるいは高い電圧であってもよい。昇降圧コンバータ13は、複数のスイッチング素子を備え、スイッチング素子のオンオフ動作によって二次電池12から供給された一次側の電圧を

50

走行用モータ駆動用の二次側の電圧に電圧変換するものであり、基準電路 3 2 が二次電池 1 2 のマイナス側電路 3 4 とインバータ 1 4 のマイナス側電路 3 9 とに共通に接続され、一次側電路 3 1 が二次電池 1 2 のプラス側電路 3 3 に接続され、二次側電路 3 5 がインバータ 1 4 のプラス側電路 3 8 に接続された非絶縁型の双方向 DC - DC コンバータである。また、二次電池 1 2 のプラス側電路 3 3 とマイナス側電路 3 4 には二次電池 1 2 と負荷系統との接続を入り切りするシステムリレー 2 5 が設けられている。

#### 【 0 0 1 9 】

燃料電池 1 1 は、燃料ガスである水素ガスと酸化剤ガスである空気が供給され、水素ガスと空気中の酸素との電気化学反応により発電するもので、水素ガスは高压の水素タンク 1 7 から水素供給弁 1 8 が設けられた水素供給管 2 7 を通って燃料極（アノード）に供給され、空気は空気圧縮機 1 9 によって酸化剤極（カソード）に供給される。ここで、水素供給弁 1 8 は燃料供給弁であり、水素供給管 2 7 は燃料ガス供給流路である。水素供給管 2 7 には水素系の圧力を検出する圧力センサ 4 7 が取り付けられている。供給された水素と空気中の酸素とは燃料電池 1 1 の内部で電気化学反応を起こして電気を出力すると共に酸化剤極に水を生成する。生成された水は反応後の空気と共に燃料電池の外部に排出される。一方、燃料極に供給された水素は反応によって水素濃度の低下が低下した反応ガスとなって水素ガス排出管 2 8 から排出される。排出された反応ガスは再循環管 2 9 に設けられた水素循環ポンプ 2 6 によって加圧されて水素供給管 2 7、燃料極に循環する。反応によって消費された水素は水素供給弁 1 8 の開度を調整することによって水素タンク 1 7 から水素供給管 2 7 に供給される。また、反応によって燃料極に滞留する窒素ガス等のガスは反応後のガスと共にガス排出管 4 5 から外部に排出される。ガス排出管 4 5 には排出するガスの量を調整するガス排出弁 2 2 が取り付けられている。以上述べたように、水素系統は循環系統となっているので、水素供給弁 1 8 とガス排出弁 2 2 とを閉とすると水素供給弁 1 8 よりも燃料極側の水素供給管 2 7、燃料電池 1 1 の燃料側、水素ガス排出管 2 8、水素循環ポンプ 2 6、再循環管 2 9、ガス排出弁 2 2 よりも燃料極側のガス排出管 4 5 を含む領域 4 6 が封止状態となる。

#### 【 0 0 2 0 】

燃料電池 1 1 のプラス側電路 3 6 は昇降圧コンバータ 1 3 の二次側電路 3 5 に FC リレー 2 4 と逆流防止ダイオード 2 3 を介して接続され、燃料電池 1 1 のマイナス側電路 3 7 は FC リレー 2 4 を介して昇降圧コンバータ 1 3 の基準電路 3 2 に接続されている。昇降圧コンバータ 1 3 の二次側電路 3 5 はインバータ 1 4 のプラス側電路 3 8 に接続され、昇降圧コンバータ 1 3 の基準電路 3 2 はインバータ 1 4 のマイナス側電路 3 9 に接続されているので、燃料電池 1 1 のプラス側電路 3 6 とマイナス側電路 3 7 はそれぞれインバータ 1 4 のプラス側電路 3 8 とマイナス側電路 3 9 に FC リレー 2 4 を介して接続されている。FC リレー 2 4 は負荷系統と燃料電池 1 1 との接続を入り切りするもので、FC リレー 2 4 が閉となると燃料電池 1 1 は昇降圧コンバータ 1 3 の二次側と接続され、燃料電池 1 1 の発電電力は二次電池 1 2 の一次側電力を昇圧した二次側電力と共にインバータ 1 4 に供給されて車輪 6 0 を回転させる走行用モータ 1 5 を駆動する。この際、燃料電池 1 1 の電圧は昇降圧コンバータ 1 3 の出力電圧、インバータ 1 4 の入力電圧と同一電圧となる。また、空気圧縮機 1 9 や冷却水ポンプ、水素循環ポンプ 2 6 など燃料電池 1 1 の補機 1 6 の駆動電力は二次電池 1 2 から供給される。

#### 【 0 0 2 1 】

二次電池 1 2 のプラス側電路 3 3 とマイナス側電路 3 4 との間には一次側の電圧を平滑化する一次側コンデンサ 2 0 が接続され、一次側コンデンサ 2 0 には両端の電圧を検出する電圧センサ 4 1 が設けられている。また、インバータ 1 4 のプラス側電路 3 8 とマイナス側電路 3 9 との間には二次側の電圧を平滑にする二次側コンデンサ 2 1 が設けられ、二次側コンデンサ 2 1 にも両端の電圧を検出する電圧センサ 4 2 が設けられている。一次側コンデンサ 2 0 両端の電圧は昇降圧コンバータ 1 3 の入力電圧である一次側電圧  $V_L$  であり、二次側コンデンサ 2 1 の両端の電圧は昇降圧コンバータ 1 3 の出力電圧である二次側電圧  $V_H$  である。また、燃料電池 1 1 のプラス側電路 3 6 とマイナス側電路 3 7 との間に

10

20

30

40

50

は燃料電池 11 の電圧を検出する電圧センサ 43 が設けられ、燃料電池 11 のプラス側電路 36 には燃料電池 11 からの出力電流を検出する電流センサ 44 が設けられている。

【0022】

制御部 50 は、内部に信号処理を行う CPU とプログラムや制御データを格納する記憶部とを備えるコンピュータであり、燃料電池 11、空気圧縮機 19、昇降圧コンバータ 13、インバータ 14、走行用モータ 15、補機 16、水素供給弁 18、ガス排出弁 22、FCリレー 24、システムリレー 25 は制御部 50 に接続され、制御部 50 の指令によって動作するよう構成されている。また、二次電池 12 と各電圧センサ 41 ~ 43、電流センサ 44、圧力センサ 47 はそれぞれ制御部 50 に接続され、二次電池 12 の状態と各電圧センサ 41 ~ 43、電流センサ 44、圧力センサ 47 の検出信号が制御部 50 に入力されるよう構成されている。電動車両 200 には燃料電池システム 100 を始動停止させるスイッチであるイグニッションキー 30 が設けられている。イグニッションキー 30 は制御部 50 に接続され、イグニッションキー 30 のオンオフ信号が制御部 50 に入力されるよう構成されている。

【0023】

以上のように構成された燃料電池システム 100 の動作について図 2 から図 4 を参照して説明する。図 2 において線 a は昇降圧コンバータ 13 の出力電圧である二次側電圧  $V_H$  を示し、線 b は燃料電池 11 の電圧である FC 電圧  $V_F$  を示す。燃料電池 11 は図 2 に示すように、電圧ゼロの状態から始動される。

【0024】

図 2 に示す時間  $t_0$  に運転者がイグニッションキー 30 をオンとするとそのオン信号が制御部 50 に入力され、制御部 50 は図 4 のステップ S101 に示すようにイグニッションキー 30 のオンを認識する。制御部 50 は、イグニッションキー 30 のオン信号が入力されたら、システムリレー 25 を閉として二次電池 12 を系統に接続し、二次電池 12 から供給される電力によって一次側コンデンサ 20 を充電した後、図 4 のステップ S102、S103 に示すように昇降圧コンバータ 13 の昇圧動作を開始して二次側コンデンサ 21 の充電を開始する。制御部 50 は、電圧センサ 42 によって二次側電圧  $V_H$  を検出しながら二次側電圧  $V_H$  を上昇させていく。二次側電圧  $V_H$  が開回路電圧  $OCV$  に達したら二次側コンデンサ 21 の充電が完了し二次電池 12 からの電力供給が可能となるので、制御部 50 は図 2 に示す時間  $t_1$  に走行用モータ 15 に電力を供給する準備が完了したことを示す Ready のランプを点灯させる。この Ready ランプ点灯後、運転者がアクセルを踏み込むと、二次電池 12 からの電力が車輪 60 を回転させる走行用モータ 15 に供給され、電動車両 200 は走行を開始することができる。二次電池 12 から電力が走行用モータ 15 に供給されても燃料電池 11 は FC リレー 24 が開状態となっているので系統から切り離されており、電力は燃料電池 11 には流れこまない。

【0025】

制御部 50 は、図 4 のステップ S104 に示すように、電圧センサ 43 から燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  を取得し、運転電圧  $V_0$  と比較する。運転電圧  $V_0$  は開回路電圧  $OCV$  よりも低い電圧で、例えば開回路電圧  $OCV$  の 90% 程度の電圧である。そして、例えば図 2 に示すように、燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  がゼロで、開回路電圧  $OCV$  よりも低く、運転電圧  $V_0$  よりも低い場合には、図 4 のステップ S105 に示すように、図 2 に示す時間  $t_1$  に水素系統を加圧する指令を出力する。この指令によって水素供給弁 18 が開となり、水素タンク 17 から燃料電池 11 への水素の供給が開始される。水素が供給されると燃料電池 11 の燃料極の圧力が上昇するが、まだ酸化剤極に空気が供給されていないので燃料電池 11 の内部では電気化学反応が起きず、燃料電池 11 は発電しないので、燃料電池 11 の FC 電圧  $V_F$  は始動電圧  $V_{F0}$  と同様のゼロとなっている。

【0026】

また、制御部 50 は、燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  が運転電圧  $V_0$  よりも高い場合には、後で説明する図 7 のステップ S205 にジャンプして FC リレー 24 を閉とする。

【0027】

図4のステップS106に示すように、制御部50は圧力センサ47によって検出する水素系の圧力が所定の圧力、例えば、通常運転の際の圧力に達した場合、図4のステップS107に示すように、水素系統を封止する指令を出力する。この指令によって、図2に示す時間 $t_2$ に水素供給弁18とガス排出弁22とが閉となる。これにより、水素供給弁18よりも燃料極側の水素供給管27、燃料電池11の燃料側、水素ガス排出管28、水素循環ポンプ26、再循環管29、ガス排出弁22よりも燃料極側のガス排出管45を含む領域46が封止状態となる。この時、空気圧縮機19はまだ始動していないので、酸化剤極には酸化剤ガスの空気が供給されていない状態となっている。このため、封止された領域46の水素は酸素と反応せず、領域46の水素量はほとんど減少しない。

【0028】

10

図3に示すように、図1に示す領域46は封止されていても、燃料電池11の燃料極と酸化剤極との間のクロスリークにより、図3の一点鎖線cで示すように、圧力は圧力 $P_0$ からわずかに低下する。図3に示すように、時間 $t_2$ と時間 $t_{21}$ との間の時間間隔 $t_1$ の間に圧力は初期の圧力 $P_0$ から終期の圧力 $P_0'$ まで $P_0$ だけ低下する。

【0029】

一方、封止した水素系統から水素ガスの漏洩がある場合には、図3の実線dに示すように、封止されている図1に示す領域46の圧力は、時間 $t_2$ の初期の圧力 $P_0$ から時間 $t_{21}$ の終期の圧力 $P_1$ まで $P_1$ だけ低下する。この時間 $t_2$ と時間 $t_{21}$ との間の時間間隔 $t_1$ の間の圧力低下 $P_1$ は水素の漏洩が無い場合の圧力低下 $P_0$ よりもかなり大きい。制御部50は時間間隔 $t_1$ と圧力低下 $P_0$ から水素漏れがない場合の圧力低下割合を計算してメモリに格納しておく。そして、制御部50は、時間間隔 $t_1$ の間に検出される圧力低下 $P_1$ から計算した圧力低下割合と比較して水素漏れの判定を行う。

20

【0030】

水素系統が封止状態となったら、制御部50は、図4のステップS108に示すように、圧力センサ47により封止した図1に示す領域46の初期圧力 $P_0$ を取得した後、図4のステップS109に示すように図3に示す所定の時間である時間間隔 $t_1$ だけ待機し、図4のステップS110に示すように、圧力センサ47により時間間隔 $t_1$ 経過後の圧力 $P_1$ を終期圧力として取得する。そして図4のステップS111に示すように時間間隔 $t_1$ の圧力低下割合を計算し、図4のステップS112に示すように、水素漏れの無い場合の圧力低下割合と計算した圧力低下割合とを比較して水素漏れの判定を行う。

30

【0031】

図4のステップS112に示すように、制御部50が水素漏れと判定した場合、誤判定による燃料電池システム100の停止を避けるため、制御部50は図4のステップS113に示すように、水素漏れの判定が初回の漏れ判定かどうかを判断する。そして初回の水素漏れ判定であった場合には、図4のステップS108に戻って再度、初期の圧力を取得する。

【0032】

図3に示すように、再度初期圧力を取得するのは最初の水素漏洩判定の後となるので、図3に示す時間 $t_{21}$ の後の時間 $t_{22}$ の圧力 $P_2$ を初期の圧力として取得する。そして、所定の時間間隔 $t_2$ 後に圧力 $P_3$ を終期の圧力として取得し圧力 $P_2$ と圧力 $P_3$ との圧力差 $P_2$ と所定の時間 $t_2$ とから圧力の低下割合を計算して、水素漏れが無い場合の圧力低下割合と比較し、水素漏れの判定を行う。

40

【0033】

制御部50は二回目の水素漏れ判定においても水素漏れと判定された場合には、図4のステップS114に示すように、燃料電池システム100を停止する。

【0034】

一方、制御部50は、初回、または二回目の水素漏れ判定によって水素漏れは無いと判定した場合には、図4のステップS115に示すように、図2の時間 $t_3$ にFCリレー24を閉として燃料電池11と負荷との系統を接続したのち、図4のステップS116に示すように空気圧縮機19を始動する。空気圧縮機19が始動し、燃料電池11への空気の

50



供給が開始され、空気が燃料電池 11 に供給され始めると燃料電池 11 の内部で水素と空気中の酸素との電気化学反応が始まり、電圧センサ 43 によって検出される燃料電池 11 の FC 電圧  $V_F$  は始動電圧のゼロから図 2 の線 b に示すように次第に上昇し、図 2 に示す時間  $t_4$  に運転電圧  $V_0$  に達する。

#### 【0035】

制御部 50 は、図 4 のステップ S 117 に示すように燃料電池 11 の FC 電圧  $V_F$  が運転電圧  $V_0$  に達した後、図 4 のステップ S 118 に示すように、図 2 に示す時間  $t_4$  から時間  $t_5$  までの安定時間  $t$  だけ燃料電池システム 100 の状態を保持し、図 4 に示すステップ S 119 のように、図 2 に示す時間  $t_5$  に燃料電池システム 100 の始動を完了し、通常運転に移行する。

10

#### 【0036】

本実施形態では、燃料電池 11 の FC 電圧  $V_F$  を開回路電圧  $OCV$  まで上昇させることなく始動の際の水素ガスの漏洩判定を行うことができるので、燃料電池 11 の耐久性を損なわずに水素漏れを判定することができる。

#### 【0037】

次に図 5 から図 7 を参照しながら本実施形態の燃料電池システム 100 の他の始動について説明する。図 2 から図 4 を参照して説明したのと同様の部分には同様の符号を付して説明を省略する。本実施形態は、図 5 に示すように、燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  が運転電圧  $V_0$  よりも高い開回路電圧  $OCV$  となっている場合である。

#### 【0038】

20

先に説明した実施形態と同様、制御部 50 は図 7 のステップ S 201 に示すようにイグニッションキー 30 のオンを認識したら、システムリレー 25 を閉とした後昇降圧コンバータ 13 の動作を開始させ、図 7 のステップ S 202, S 203 に示すように二次側コンデンサ 21 を充電し、昇降圧コンバータ 13 の出力電圧である二次側電圧  $V_H$  を燃料電池 11 の開回路電圧  $OCV$  まで上昇させる。そして、図 5 の時間  $t_{12}$  に二次側電圧  $V_H$  は開回路電圧  $OCV$  に達する。二次側電圧  $V_H$  が開回路電圧  $OCV$  に達すると、二次電池 12 から走行用モータ 15 に電力を供給することができるようになるので、制御部 50 は時間  $t_{11}$  に Ready ランプを点灯させる。この後、運転者がアクセルを踏み込むと、電動車両 200 は走行を開始することができる。ただし、この時点では FC リレー 24 が開状態で燃料電池 11 は系統から切り離されているので電力は燃料電池 11 には流れこまない。

30

#### 【0039】

制御部 50 は、図 7 のステップ S 204 に示すように、電圧センサ 43 から燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  を取得し、運転電圧  $V_0$  と比較する。先に説明した実施形態と同様、運転電圧  $V_0$  は開回路電圧  $OCV$  よりも低い電圧で、例えば開回路電圧  $OCV$  の 90% 程度の電圧である。そして、始動電圧  $V_{F0}$  が運転電圧  $V_0$  よりも高い場合には、図 7 のステップ S 205 に示すように、FC リレー 24 を閉とする。本実施形態では、図 5 に示すように燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  は開回路電圧  $OCV$  である。その後、制御部 50 は、図 7 ステップ S 206 及び図 5 の線 e に示すように、昇降圧コンバータ 13 の出力電圧である二次側電圧  $V_H$  を開回路電圧  $OCV$  から運転電圧  $V_0$  まで低下させる。すると燃料電池 11 の電圧  $V_F$  は二次側電圧  $V_H$  の低下に伴って開回路電圧  $OCV$  から低下し、図 5 の線 f に示すように、燃料電池 11 から電流  $A_F$  が出力される。

40

#### 【0040】

また、制御部 50 は、燃料電池 11 の始動電圧  $V_{F0}$  が運転電圧  $V_0$  よりも低い場合には、先に説明した図 4 のステップ S 105 にジャンプして水素系統の加圧を開始する。

#### 【0041】

一方、制御部 50 は、二次側電圧  $V_H$  が  $OCV$  に達すると、図 5 に示す時間  $t_{11}$  の直後の時間  $t_{12}$  に水素系統を加圧する指令を出力する。この指令によって水素供給弁 18 が開となり、水素タンク 17 から燃料電池 11 への水素の供給が開始される。燃料電池 11 の FC 電圧  $V_F$  は二次側電圧  $V_H$  と同様、運転電圧  $V_0$  に保たれているので、燃料電池 11 からは燃料電池 11 の電圧を開回路電圧  $OCV$  である始動電圧  $V_{F0}$  から運転電圧  $V_0$  に低下

50

させることにより電流が出力され続けている。

【 0 0 4 2 】

制御部 5 0 は、図 7 に示すステップ S 2 0 8 に示すように、水素系統の圧力が例えば、通常運転圧力のような所定の圧力に達すると、図 7 のステップ S 2 0 9 に示すように、水素系統を封止する指令を出力する。この指令によって、図 5 に示す時間  $t_{13}$  に図 1 に示す水素供給弁 1 8 とガス排出弁 2 2 とを閉とする。これにより、水素供給弁 1 8 よりも燃料極側の水素供給管 2 7、燃料電池 1 1 の燃料側、水素ガス排出管 2 8、水素循環ポンプ 2 6、再循環管 2 9、ガス排出弁 2 2 よりも燃料極側のガス排出管 4 5 を含む領域 4 6 が封止状態となる。この時、空気圧縮機 1 9 はまだ始動していないので、酸化剤極には酸化剤ガスの空気が供給されていない状態であるが、燃料電池 1 1 の電圧が開回路電圧  $OCV$  から運転電圧  $V_0$  に低下することにより発電による電流が出力される状態となっているので、領域 4 6 が封止されても水素系の圧力は出力電流にみあった量だけ低下してくる。

10

【 0 0 4 3 】

図 6 に示すように、封止された領域 4 6 の圧力は、燃料電池 1 1 の内部で水素が消費されない場合でも燃料極と酸化剤極との間のクロスリークにより、図 6 の一点鎖線 g で示すように、圧力は圧力  $P_0$  から  $P_0'$  にわずかに低下する。図 6 に示すように、時間  $t_{13}$  と時間  $t_{13}'$  との間の時間間隔  $t_3$  の間に圧力は初期の圧力  $P_0$  から終期の圧力  $P_0'$  まで  $P_{10}$  だけ低下する。この圧力低下  $P_{10}$  は燃料電池 1 1 の大きさなどから推定することができるので、制御部 5 0 は圧力低下  $P_{10}$  を推定してメモリに格納しておく。

20

【 0 0 4 4 】

また、図 6 の線 f に示すように、水素系統が封止された状態であっても燃料電池 1 1 からの電力が出力されている場合には、クロスリークによる水素の消費に加えて封止されている領域 4 6 の水素が発電によって消費されることから、領域 4 6 の圧力は図 6 の二点鎖線 h で示すように、時間  $t_{13}$  の初期の圧力  $P_0$  から時間  $t_{13}'$  の終期の圧力  $P_{11}$  まで  $P_{11}$  だけ低下する。しかし、発電により水素が消費されることによる圧力低下  $P_{11}'$  は、電圧センサ 4 3 によって検出される燃料電池 1 1 の FC 電圧  $V_F$  と電流センサ 4 4 によって検出される燃料電池 1 1 の出力電流  $A_F$  とから制御部 5 0 の内部で演算して推定することができる。制御部 5 0 は FC 電圧  $V_F$  と出力電流  $A_F$  とから推定される圧力低下  $P_{11}'$  をメモリに格納し、先にメモリに格納したクロスリークによる圧力低下  $P_{10}$  とを加えてクロスリークと発電により水素が消費されることによる圧力低下  $P_{11}$  を計算し、時間間隔  $t_3$  とからクロスリークと発電による水素の消費がある場合の圧力低下割合（第 2 の圧力低下割合）を計算してメモリに格納しておく。

30

【 0 0 4 5 】

燃料電池 1 1 のから電気が出力されている状態で、封止した水素系統から水素ガスの漏洩がある場合には、図 6 の実線 j に示すように、封止されている図 1 に示す領域 4 6 の圧力は、時間  $t_{13}$  の初期の圧力  $P_0$  から時間  $t_{13}'$  の終期の圧力  $P_{12}$  まで  $P_{12}$  だけ低下する。この時間  $t_{13}$  と時間  $t_{13}'$  との間の時間間隔  $t_3$  の間の圧力低下  $P_{12}$  は水素の漏洩がなく、クロスリークと発電による水素の消費がある場合の圧力低下  $P_{11}$  よりもかなり大きい。そして、制御部 5 0 は、時間間隔  $t_3$  の間に検出される圧力低下  $P_{12}$  から計算した圧力低下割合と（第 1 の圧力低下割合）から先にメモリに格納した水素漏洩がなくクロスリークと発電による水素の消費がある場合の圧力低下割合（第 2 の圧力低下割合）を差し引いて漏洩判定用の圧力低下割合（第 3 の圧力低下割合）を計算する。そして漏洩判定用の圧力低下割合（第 3 の圧力低下割合）と予め規定された閾値とを比較して水素漏れの判定を行う。

40

【 0 0 4 6 】

制御部 5 0 は図 7 に示すステップ S 2 0 9 に示す様に、水素系統が封止状態となったら、図 7 のステップ S 2 1 0 に示すように、領域 4 6 の初期圧力  $P_0$  と FC 電圧  $V_F$  と、FC 電流  $A_F$  とを取得し、図 7 のステップ S 2 1 3 に示すように、先に説明した第 1 の圧力低下割合を計算し、図 7 のステップ S 2 1 4 に示すように第 2 の圧力低下割合を計算した後

50

、第3の圧力低下割合を計算し、図7のステップS215に示すように水素漏れの判定を行う。

【0047】

制御部50は図7のステップS215の水素漏れ判定においても水素漏れと判定された場合には、図7のステップS216に示すように、燃料電池システム100を停止する。

【0048】

一方、制御部50は、図7のステップS215の水素漏れ判定によって水素漏れは無いと判定した場合には、図7のステップS217に示すように、図5の時間 $t_{14}$ に空気圧縮機19を始動する。空気圧縮機19が始動し、燃料電池11への空気の供給が開始され、空気が燃料電池11に供給され始めると燃料電池11の内部で水素と空気中の酸素との電気化学反応が始まり、電流センサ44によって検出される燃料電池11のFC電流 $A_F$ は図5の線fに示すように次第に上昇する。

【0049】

制御部50は、燃料電池11のFC電流 $A_F$ が上昇した後、図7に示すステップS218に示す様に、図5に示す時間 $t_{14}$ から時間 $t_{15}$ までの安定時間だけ燃料電池システム100の状態を保持し、図7のステップS219に示す様に、図5に示す時間 $t_{15}$ に燃料電池システム100の始動を完了し、通常運転に移行する。

【0050】

本実施形態では、燃料電池11の始動の際に燃料電池11のFC電圧 $V_F$ を開回路電圧OCVから運転電圧 $V_0$ に低下させた後、水素ガスの漏洩判定を行うことができるので、燃料電池11の耐久性を損なわずに水素漏れを判定することができる。

【0051】

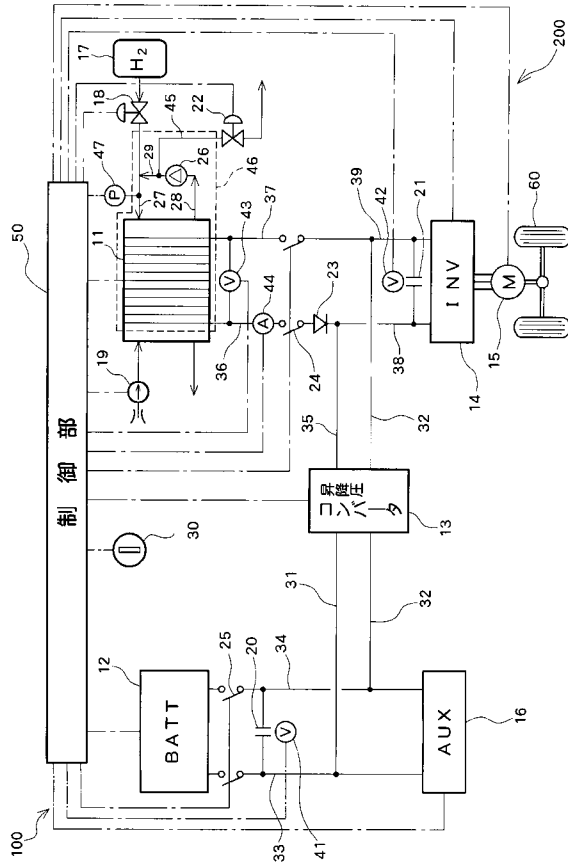
以上説明した実施形態では、時間間隔 $t_3$ の間に検出される圧力低下 $P_{12}$ から計算した圧力低下割合と(第1の圧力低下割合)から先にメモリに格納した水素漏洩がなく発電による水素の消費がある場合の圧力低下割合(第2の圧力低下割合)を差し引いて漏洩判定用の圧力低下割合(第3の圧力低下割合)を計算し、そして漏洩判定用の圧力低下割合(第3の圧力低下割合)と予め規定された閾値とを比較して水素漏れの判定を行うこととして説明したが、時間間隔 $t_3$ の間に検出される圧力低下 $P_{12}$ から計算した圧力低下割合と(第1の圧力低下割合)と、予め規定された閾値よりも大きな第2の閾値とを比較して水素漏洩の判定を行うようにしてもよい。この場合、第2の閾値は予め規定された閾値に水素漏洩がなく発電による水素の消費がある場合の圧力低下割合(第2の圧力低下割合)を加えたものとしてもよい。

【符号の説明】

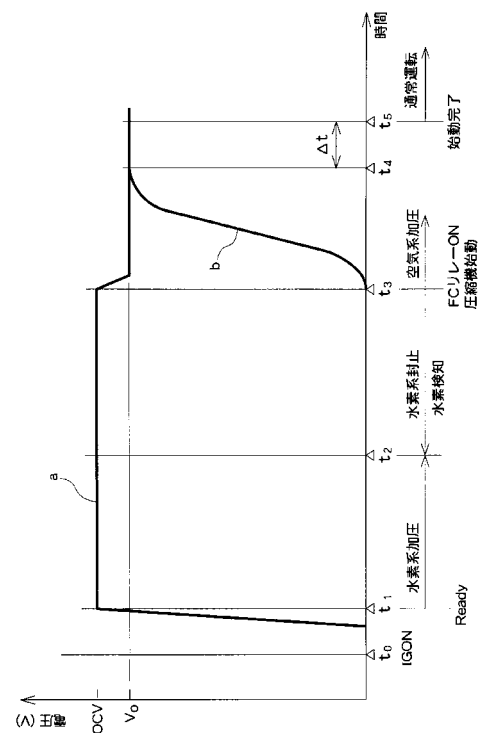
【0052】

11 燃料電池、12 二次電池、13 昇降圧コンバータ、14 インバータ、15 走行用モータ、16 補機、17 水素タンク、18 水素供給弁、19 空気圧縮機、20 一次側コンデンサ、21 二次側コンデンサ、22 ガス排出弁、23 逆流防止ダイオード、24 FCリレー、25 システムリレー、26 水素循環ポンプ、27 水素供給管、28 水素ガス排出管、29 再循環管、30 イグニッションキー、31 一次側電路、32 基準電路、33, 36, 38 プラス側電路、34, 37, 39 マイナス側電路、35 二次側電路、41~43 電圧センサ、44 電流センサ、45 ガス排出管、46 領域、47 圧力センサ、50 制御部、60 車輪、100 燃料電池システム、200 電動車両、OCV 開回路電圧、 $V_0$  運転電圧、 $V_1$  所定の電圧、 $V_F$  FC電圧、 $V_{F0}$  始動電圧、 $V_H$  二次側電圧、 $V_L$  一次側電圧。

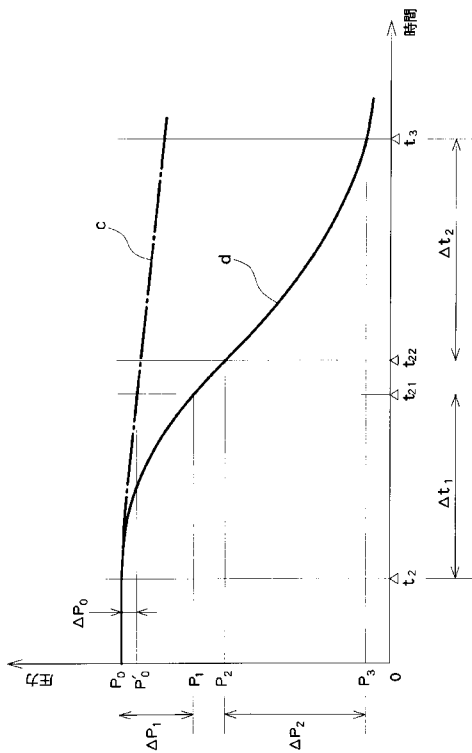
【図 1】



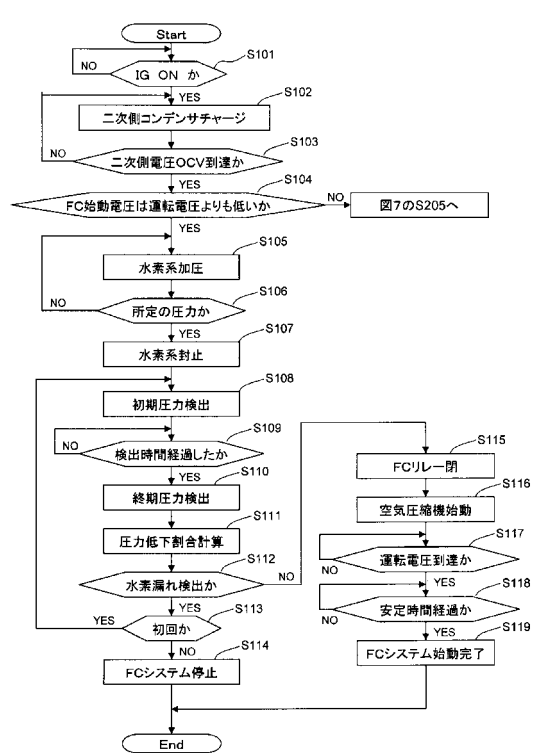
【図 2】



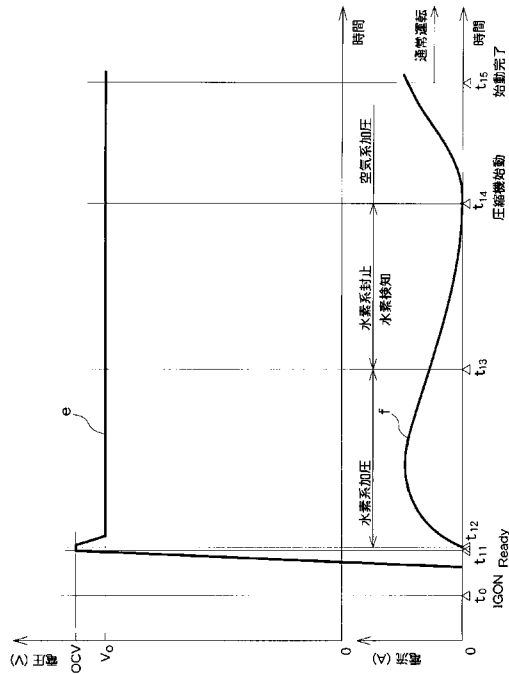
【図 3】



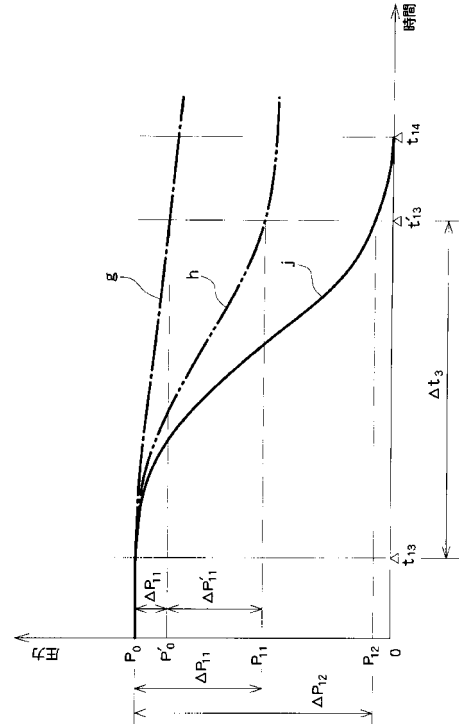
【図 4】



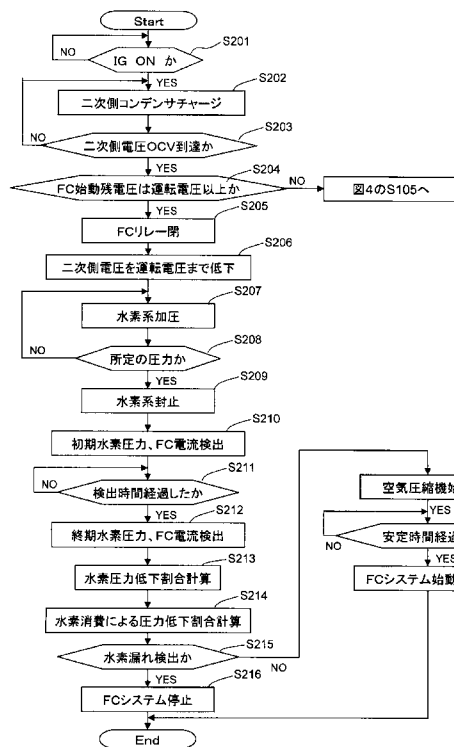
【図 5】



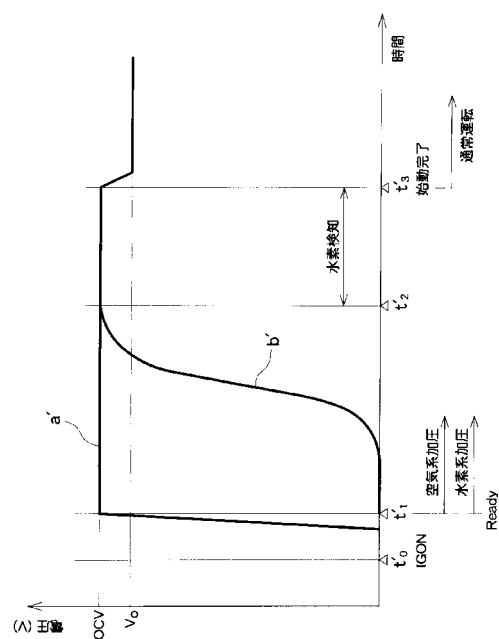
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 今井 敦志  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 長馬 望

(56)参考文献 特開平08-329965(JP,A)  
特開平09-120830(JP,A)  
特開2007-026891(JP,A)  
特開2009-037884(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01M 8/04  
B60L 11/18  
H01M 8/00