

(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2026-63327

(P2026-63327A)

(43)公開日

令和8年4月10日(2026. 4. 10)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>C 2 5 B</i> 9/00 (2021. 01)	<i>C 2 5 B</i> 9/00 A	
<i>C 2 5 B</i> 1/04 (2021. 01)	<i>C 2 5 B</i> 1/04	
<i>C 2 5 B</i> 9/77 (2021. 01)	<i>C 2 5 B</i> 9/77	
<i>C 2 5 B</i> 15/023 (2021. 01)	<i>C 2 5 B</i> 15/023	

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21)出願番号	特願2026-8746(P2026-8746)	(71)出願人	000003207
(22)出願日	令和8年1月22日(2026. 1. 22)		トヨタ自動車株式会社
(62)分割の表示	特願2023-3067(P2023-3067) の分割	(74)代理人	100129838 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
原出願日	令和5年1月12日(2023. 1. 12)	(74)代理人	100129838 弁理士 山本 典輝
		(74)代理人	100104499 弁理士 岸本 達人
		(74)代理人	100155365 弁理士 芝崎 和昌
		(72)発明者	北村 伸之 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

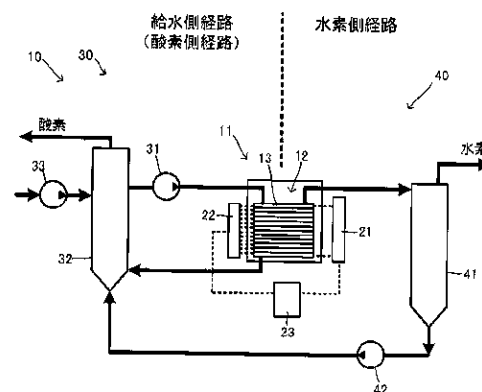
(54)【発明の名称】水電解システム

(57)【要約】

【課題】より精度よく水電解セルの不具合を検知することができる水電解システムを提供する。

【解決手段】水電解セルにより水電解をして水素を得る水電解システムであって、複数の水電解セルを有する水電解スタックと、水電解スタックに水を供給する給水側経路と、水電解スタックで得た水素を排出する水素側経路と、複数の水電解セルの各々、又は、複数の水電解セルごとに電圧を測定する複数の電圧センサと、制御装置と、を備え、制御装置は複数の電圧センサのそれぞれから電圧を取得し、電圧が所定の値より低いとき報知する演算を行うものであり、演算が水電解システムの定常運転時に行われ、制御装置では、所定の値を予め取得している水電解セルのI V特性を基準とし、当該I V特性の幅の下限値より低い電圧を検知したときに短絡異常と判定する。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

水電解セルにより水電解をして水素を得る水電解システムであって、
複数の前記水電解セルを有する水電解スタックと、
前記水電解スタックに水を供給する給水側経路と、
前記水電解スタックで得た前記水素を排出する水素側経路と、
複数の前記水電解セルの各々、又は、複数の前記水電解セルごとに電圧を測定する複数の
電圧センサと、
制御装置と、を備え、

前記制御装置は前記複数の電圧センサのそれぞれから電圧を取得し、前記電圧が所定の
値より低いとき報知する演算を行うものであり、

前記演算が前記水電解システムの定常運転時に行われ、前記制御装置では、前記所定の
値を予め取得している前記水電解セルの I V 特性を基準とし、当該 I V 特性の幅の下限値
より低い電圧を検知したときに短絡異常と判定する、

水電解システム。

【請求項 2】

前記所定の値は前記水電解セルの等価回路により得た電圧の値とする、請求項 1 に記載
の水電解システム。

【請求項 3】

前記演算で前記短絡異常と判定されたときに前記制御装置は前記水電解システムの停止
処理の演算を行い、

前記停止処理で前記制御装置は、前記停止処理の途中に所定以上の電圧再上昇が検知さ
れたとき、前記水素側経路で水素の排出をおこなう、

請求項 1 又は 2 に記載の水電解システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は水電解システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、水電解装置において、複数の P E M 形水電解スタックの動作を制御す
る制御装置を備え、この制御装置が、取得した抵抗値や温度から劣化状態を判定する演算
をして劣化の平準化や可逆劣化が進行したスタックの交換を促す警告を行うことが開示さ
れている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2 0 2 0 - 0 8 4 2 5 9 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

従来技術では水電解スタックの抵抗値や温度に変動が現れるほどにまで大きくなった劣
化しか検出できない。

【0005】

本開示は上記に鑑み、より精度よく不具合を検知することができる水電解システムを提
供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本願は、水電解セルにより水電解をして水素を得る水電解システムであって、複数の水
電解セルを有する水電解スタックと、水電解スタックに水を供給する給水側経路と、水電

10

20

30

40

50

解スタックで得た水素を排出する水素側経路と、複数の水電解セルの各々、又は、複数の水電解セルごとに電圧を測定する複数の電圧センサと、制御装置と、を備え、制御装置は複数の電圧センサのそれぞれから電圧を取得し、電圧が所定の値より低いとき報知する演算を行うものであり、演算が水電解システムの定常運転時に行われ、制御装置では、所定の値を予め取得している水電解セルのⅠⅤ特性を基準とし、当該ⅠⅤ特性の幅の下限値より低い電圧を検知したときに短絡異常と判定する、水電解システムを開示する。

【 0 0 0 7 】

所定の値は水電解セルの等価回路により得た電圧の値としてもよい。

【 0 0 0 8 】

演算で短絡異常と判定されたときに制御装置は水電解システムの停止処理の演算を行い、停止処理で制御装置は、停止処理の途中に所定以上の電圧再上昇が検知されたとき、水素側経路で水素の排出をおこなうように構成してもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本開示によれば、水電解スタックの不具合をより精度よく早い段階で検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 図 1 は水電解システム 1 0 の構成を説明する概念図である。

【 図 2 】 図 2 は水電解手段 1 1 の構成を説明する概念図である。

【 図 3 】 図 3 は水電解セル 1 3 の構成を説明する概念図である。

【 図 4 】 図 4 はコンピュータ 2 3 (制御装置 2 3) の概念図である。

【 図 5 】 図 5 は水電解システムの電解運転時の制御 S 1 0 の流れを示す図である。

【 図 6 】 図 6 は水電解セルの等価回路を説明する図である。

【 図 7 】 図 7 は演算した電圧と測定した電圧との関係を説明する図である。

【 図 8 】 図 8 は水電解セルのⅠⅤ特性を説明する図である。

【 図 9 】 図 9 は水電解システムの停止処理時の制御 S 3 0 の流れを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

1 . 水電解システムの構成

図 1 には 1 つの形態にかかる水電解システム 1 0 を概念的に表した。

本形態で水電解システム 1 0 は、水電解手段 1 1 、給水側経路 (酸素側経路) 3 0 、及び、水素側経路 4 0 を有している。水電解システム 1 0 では、水電解手段 1 1 に具備された水電解スタック 1 2 に対して給水側経路 3 0 から水を供給して通電することで水を水素と酸素とに分解し、水素を得て水素側経路 4 0 に排出する。

【 0 0 1 2 】

1 . 1 . 水電解手段

本形態で水電解手段 1 1 は、水電解スタック 1 2 、電源 2 1 、セルモニタ 2 2 、及び、制御装置 2 3 を備えている。以下、各要素について説明する。図 2 には水電解手段 1 1 の構成を概念的に示した。

【 0 0 1 3 】

1 . 1 . 1 . 水電解スタック

水電解スタック 1 2 は複数の水電解セル 1 3 が積層されてなる。水電解セル 1 3 は水を水素と酸素とに分解するための単位要素である。図 3 には 1 つの水電解セル 1 3 の断面の一部を示した。

水電解セル 1 3 は公知の通りであるが、本形態では複数の層からなり、固体高分子電解質膜 1 4 を挟んで一方が酸素発生極 (アノード) 、他方が水素発生極 (カソード) となる。

固体高分子電解質膜 1 4 を構成する材料は固体高分子材料であり、例えばフッ素系樹脂や炭化水素系樹脂材料等により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜が挙げられる。

10

20

30

40

50

これは湿潤状態で良好なプロトン伝導性（電気伝導性）を示す。より具体的にはパーフルオロスルホン酸膜であるナフィオン（登録商標）が挙げられる。

【0014】

酸素発生極（アノード）は固体高分子電解質膜14側から酸素極触媒層15、酸素極ガス拡散層16、及び酸素極セパレータ17をこの順に備えている。

酸素極触媒層15は、Pt、Ru、Ir等の貴金属触媒及びその酸化物を少なくとも1つ以上含む電極触媒を具備する層である。

酸素極ガス拡散層16はガス透過性及び導電性を有する部材によって構成されている。具体的には金属繊維又は金属粒子等からなる多孔質導電性部材を挙げることができる。

酸素極セパレータ17は、酸素極ガス拡散層16に供給する水、生じた酸素及び余剰の水が流れる流路17aを備える。

10

【0015】

水素発生極（カソード）は固体高分子電解質膜14の面のうち酸素発生極が配置された面とは反対側の面に設けられ、固体高分子電解質膜14側から水素極触媒層18、水素極ガス拡散層19、及び水素極セパレータ20をこの順に備えている。

水素極触媒層18は例えばPt等を含む層を挙げることができる。

水素極ガス拡散層19は、ガス透過性及び導電性を有する部材によって構成されている。具体的にはカーボンクロスやカーボンペーパー等の多孔質部材等を挙げることができる。

水素極セパレータ20は、生じた水素、及び、これに随伴した水が流れる流路20aを備える部材である。

20

【0016】

酸素極セパレータ17の流路17aに給水側経路30から供給された水（ H_2O ）は、酸素発生極と水素発生極との間に電源21により通電することで、電位がかかった酸素極触媒層15で酸素、電子及びプロトン（ H^+ ）に分解される。このときプロトンは固体高分子電解質膜14を通り水素極触媒層18に移動する。一方、酸素極触媒層15で分離された電子は外部回路を通り水素極触媒層18に達する。そして、水素極触媒層18にてプロトンが電子を受け取り水素が発生する。発生した水素及びこれに随伴した水は水素極セパレータ20に達して流路20aから排出され、水素側経路40へ移動する。なお、酸素極触媒層15で分離した酸素及び余剰の水は酸素極セパレータ17に達して流路17aから排出され、給水側経路30に戻るよう移動する。

30

【0017】

1.1.2. 電源

電源21は上記のように水電解セル13に対して電圧を印加して水電解を進行させる装置であり、公知の水電解システムに具備されるものを適用できる。ただし、本形態では電圧の印加を制御装置23で制御できるように電源21は制御装置23に通信可能とされている。

【0018】

1.1.3. セルモニタ

セルモニタ22は、水電解セル13にかかる電圧を計測する手段である。具体的には水電解セル13の電圧を測定することができれば特に限定されることはなく、公知のものを用いることができ、例えば、電圧センサを具備することが挙げられる。

40

セルモニタ22では、複数の水電解セル13の各々の電圧を測定してもよく、2つ以上の水電解セル13をまとめて電圧を測定してもよい。ただし、2つ以上の水電解セル13をまとめて電圧測定する場合は、まとめた数に応じて、各水電解セル13にかかる電圧が平均化されることから精度の低下を招く可能性があるため、各々の水電解セル13で電圧を得ることが最も好ましく、2つ以上まとめて水電解セルの電圧を得るときには5つ以内であることが好ましい。また、異常が検知されやすい積層方向両端の水電解セルのみ個別で電圧を得て、その間に配置される水電解セルについては2つ以上の水電解セルをまとめて電圧を得てもよい。

50

セルモニタ 2 2 は、得た電圧データを信号にして制御装置 2 3 に送信できるように通信可能に構成されている。

【 0 0 1 9 】

1 . 1 . 4 . 制御装置

制御装置 2 3 は、水電解システム 1 0 を制御する装置である。制御装置 2 3 の態様は特に限定されることはないが、典型的にはコンピュータにより構成することができる。図 4 に制御装置 2 3 としてのコンピュータ 2 3 の構成例を概念的に示した。

【 0 0 2 0 】

コンピュータ 2 3 は、プロセッサである CPU (Central Processing Unit) 2 3 a 、作業領域として機能する RAM (Random Access Memory) 2 3 b 、記憶媒体としての ROM (Read-Only Memory) 2 3 c 、有線、無線を問わず情報をコンピュータ 2 3 に受け入れるインターフェイスである受信部 2 3 d 、及び、有線、無線を問わず情報をコンピュータ 2 3 から外部に送るインターフェイスである出力部 2 3 e を備える。

受信部 2 3 d には、セルモニタ 2 2 が通信可能に接続され、水電解セル 1 3 の電圧を信号として受信できるように構成されている。

一方、出力部 2 3 e には電源 2 1 が通信可能に接続され、水電解セル 1 3 への印加電圧を制御できるように構成されている。

【 0 0 2 1 】

コンピュータ 2 3 には、水電解システム 1 0 で行う制御のための各過程を具体的な指令とし、これを実行するためのコンピュータプログラムが保存されている。コンピュータ 2 3 では、ハードウェア資源としての CPU 2 3 a 、 RAM 2 3 b 、及び、 ROM 2 3 c と、コンピュータプログラムとが協働する。具体的には、 CPU 2 3 a が、受信部 2 3 d を介してセルモニタ 2 2 から取得した水電解セル 1 3 の電圧を表す信号に基づき ROM 2 3 c に記録されたコンピュータプログラムを作業領域として機能する RAM 2 3 b で実行することによって機能を実現する。 CPU 2 3 a が取得又は生成した情報は RAM 2 3 b に格納される。そして、得られた結果に基づき必要に応じて出力部 2 3 e を介して指令を送信する。

具体的な水電解システム 1 0 の制御内容については後で説明する。

【 0 0 2 2 】

1 . 2 . 給水側経路 (酸素側経路)

給水側経路 (酸素側経路) 3 0 は、水電解スタック 1 2 の水電解セル 1 3 に対して水を供給して酸素を得るための配管を含む経路である。

本形態では給水側経路 3 0 ではポンプ 3 1 により水電解スタック 1 2 に向けて水を供給する。必要に応じてポンプ 3 1 と水電解スタック 1 2 との間に水を冷却する冷却器や水に含まれるイオンを除去するイオン交換器が配置されてもよい。

給水側経路 3 0 では、さらに、水電解スタック 1 2 で発生した酸素及び使用されなかった水が水電解スタック 1 2 から排出されて気液分離器 3 2 に供給される。気液分離器 3 2 では水と酸素とが分離され、分離された酸素は排出されるとともに、水は再びポンプ 3 1 に供給される。なお、不足した水はポンプ 3 3 から気液分離器 3 2 に供給される。

上記した各機器が配管により接続され、流体の経路を形成している。給水側経路 3 0 には上記の他にも必要に応じて公知の機器が配置されている。

【 0 0 2 3 】

1 . 3 . 水素側経路

水素側経路 4 0 は、水電解スタック 1 2 で分離した水素を取り出す配管を含む経路である。水素側経路 4 0 では水電解スタック 1 2 の水電解セル 1 3 から排出された水素及び水 (随伴水) が気液分離器 4 1 に供給される。気液分離器 4 1 では水と水素とが分離される。気液分離器 4 1 で分離された水素は除湿される等してタンクに収められる。気液分離器 4 1 で分離された水はポンプ 4 2 で給水側経路 3 0 の気液分離器 3 2 に送られ再び利用される。この水は、必要に応じて気液分離器 3 2 に達する前にイオン分離器に通されてもよい。

10

20

30

40

50

水素側経路ではこれらの各機器が配管により接続されている。水素側経路 4 0 には上記の他にも必要に応じて公知の機器が配置されている。

【 0 0 2 4 】

2 . 水電解システムの制御

水電解システムは、水電解セルの特性により性能が左右され、劣化した水電解セルを使い続けると水素製造における電力消費が大きくなってしまう。そのような状況を回避するため、セルモニタ 2 2 から得た水電解セル 1 3 の電圧に基づいて、制御装置 2 3 により予め設定された特性と対比して判定する制御を行う。以下に具体的に説明する。

【 0 0 2 5 】

2 . 1 . 電解運転時（運転開始時及び定常運転時）

水電解セルに電圧を印加して水電解を行いながら運転（電解運転）する場面として、水電解システム 1 0 の運転開始時（起動から定常運転まで）及び、定常運転時が挙げられる。

水電解システム 1 0 の運転開始時においては、水電解スタック 1 2 は構造上大きなキャパシタンス容量を持つ水電解セルに対し電荷を注入し電解電位まで充電する必要がある。この充電は、低速に行うとクロスリーク（水電解セルにおいて水素発生極側で生じた水素が酸素発生極側にリークしてしまうこと）が起こりやすいことから急速に行うことが好ましい。一方で、水電解セル 1 3 に短絡等の不具合の可能性がある場合、急速な充電は回避すべきである。そこで、本形態では運転開始時（水電解システムの起動から定常運転に至るまでの間）は、急速に電流を増加させながら、予め設定された水電解セルのキャパシタンスに基づく充電電圧シミュレーションによる推定セル電圧が短絡の兆候を示すような電圧の低下がないか監視し、異常の判定を行う。

一方、運転開始時の充電で水電解セルの電圧が定常運転の電圧まで到達した後は予め設定された正常 I V 特性と測定した電圧とを比較することで劣化判定を行う。

以下に例示して説明する。

【 0 0 2 6 】

図 5 には、1 つの形態にかかる電解運転時における水電解システム 1 0 の制御 S 1 0 の流れを示した。図 5 からわかるように制御 S 1 0 は過程 S 1 1 ~ 過程 S 2 2 を有している。本形態では上記した制御装置 2 3 に保存されるコンピュータプログラムが当該制御 S 1 0 の各過程を実行するための具体的なコンピュータに対する指令となるように構成されている。

【 0 0 2 7 】

2 . 1 . 1 . 過程 S 1 1

過程 S 1 1 では電源 2 1 により水電解セル 1 3 に対して電圧が印加される。この電圧の印加は予め決められたように行われ、運転開始時には電圧を時系列で上昇させ、定常運転の電圧に達した後は定常運転時の電圧を維持する。従って、制御 S 1 0 において、過程 S 1 1 で電圧印加が開始されたときは後述するように停止処理 S 1 8 とならない限り、電圧は予め決められたように制御装置 2 3 により制御される。

【 0 0 2 8 】

2 . 1 . 2 . 過程 S 1 2

過程 S 1 2 ではセルモニタ 2 2 により水電解セル 1 3 の電圧が取得される。ここでは複数の電圧センサごとに電圧が取得される。取得された電圧データは信号で制御装置 2 3 に送信される。

上記したように本形態では複数の水電解セル 1 3 の各々、又は、複数の水電解セルごとに電圧が取得され、その積層位置ごとに水電解セル 1 3 の電圧が取得される。

【 0 0 2 9 】

2 . 1 . 3 . 過程 S 1 3

過程 S 1 3 では過程 S 1 2 で取得した電圧から、現時点で充電中（運転開始時であるか）を判定する。充電中では未だ定常運転時の電圧に至っていないため、充電中であるかは電圧の値から判定することができる。

10

20

30

40

50

電圧が未だ定常運転時の電圧に至っていないときには運転開始時であるため Yes とされて過程 S 1 9 に進む。一方、電圧が定常運転時の電圧に達しているときには No とされて過程 S 1 4 に進む。

【 0 0 3 0 】

2 . 1 . 4 . 過程 S 1 9

過程 S 1 9 では、過程 S 1 3 で現時点で充電中であると判定されたとき、電圧が正常値であるかを判定するための演算を行う。電圧が正常値であるかを判定するための手段は特に限定されることはないが、例えば次のように行うことができる。

図 6 に充電中における水電解セル 1 3 の等価回路を示した。図 6 で R_{Mem} は固体高分子電解質膜 1 4 のプロトン移動抵抗、 R_{CL} は触媒反応抵抗、 C_{CL} は電気二重層容量を表す。この等価回路によれば、充電中における水電解セルへの印加電圧 V_{cell} は水電解セルの消費電流を I_{cell} としたとき次式 (1) で表すことができ、この電圧を正常値として扱うことができる。

10

【 0 0 3 1 】

【 数 1 】

$$V_{cell} = R_{Mem}I_{cell} + \int \frac{1}{C_{CL}} I_{cell} dt \quad (1)$$

【 0 0 3 2 】

図 7 には、1 つの例として時間ごとに、水電解セルの電圧実測値と式 (1) の等価回路により求めた水電解セルの電圧演算値とを対比した結果を表した。図 7 からわかるように等価回路により演算した電圧は実際の電圧に沿うものとなる。そして、電圧演算値の誤差によるある程度の許容範囲を設定することで等価回路による演算値で、その時点における水電解セルの電圧が正常であるかを判定することが可能である。

【 0 0 3 3 】

このように過程 S 1 9 では、正常値である水電解セルの電圧と過程 S 1 2 で取得した水電解セルの電圧と対比を行う。

上記では等価回路演算により正常値を得ることを説明したが、これに限らず試験等により予め取得している電流に応じた正常時の電圧を得て、制御装置 2 3 にデータベースとして例えばマッピングとして保存しておき、これを正常値として測定値と対比してもよい。

30

【 0 0 3 4 】

2 . 1 . 5 . 過程 S 2 0 、過程 S 2 1

過程 S 2 0 では過程 S 1 9 で対比した結果、運転開始時における水電解セルの電圧が正常の範囲であるかを判定する。特に正常値である電圧に対して過程 S 1 2 で得た水電解セルの電圧が正常値の範囲よりも低い場合には水電解セルの短絡の可能性が高く、このまま電圧の印加を続けていくことは避けることが好ましい。一方、ある範囲を超えて電圧が高い場合についてはセルモニターの異常を疑い点検を促すことが好ましい。

【 0 0 3 5 】

過程 S 2 0 で過程 S 1 2 で得た水電解セルの電圧が正常値の範囲内であるときには Yes とされ過程 S 1 2 に戻る。

40

一方、過程 S 2 0 で過程 S 1 2 で得た水電解セルの電圧が正常値の範囲外であるときには No とされ過程 S 2 1 に進み報知する。過程 S 2 1 で報知した後は過程 S 1 8 に進んで停止処理が行われる。過程 S 1 8 については後で説明する。ここで、過程 S 2 1 における報知の方法は特に限定されることはないが、例えば不図示の画像表示装置に水電解セル 1 3 に不具合が発生していること及びその水電解セルの位置情報 (ID 等) が表示されることが挙げられる。この他、又は、これに加えて音や音声による報知がなされてもよい。

【 0 0 3 6 】

2 . 1 . 6 . 過程 S 1 4

50

過程 S 1 4 では、過程 S 1 3 で水電解システム 1 0 が運転開始時を終えて定常運転時となったと判定されたことを受けて、過程 S 1 2 で得られた各水電解セルの電圧から、これら各水電解セルの電圧が基準値を超えるかを演算する。ここで基準値は予め得ておいた「電流密度 (A / cm^2) に対する 1 つあたりの水電解セルの電圧 ($V / cell$)」(I-V 特性) から判定する。複数の水電解セルについてまとめて電圧を測定した場合には、得られた電圧をまとめた水電解セルの枚数で除した値である。図 8 に当該 I-V 特性の 1 つの例を示した。ここで図 8 に A で示した破線と実線との間の範囲が基準値の電圧である。これより低い電圧である B の範囲では水電解セル内での短絡の不具合を推定でき、これより高い電圧である C の範囲では過電圧の不具合が推定でき、水電解セルの劣化が懸念される。

10

【 0 0 3 7 】

2 . 1 . 7 . 過程 S 1 5

過程 S 1 5 では過程 S 1 4 で対比した結果、定常運転時における水電解セルの電圧が正常の範囲であるかを判定する。上記したように基準値の範囲内である電圧に対して過程 S 1 2 で得た水電解セルの電圧が正常の範囲に対して低い場合には水電解セルの短絡の可能性が高く、このまま電圧の印加を続けていくことは避けることが好ましい。一方、過程 S 1 2 で得た水電解セルの電圧が正常の範囲に対して高い場合には水電解セルの劣化が懸念されその程度によってはこのまま電圧の印加を続けていくことは避けることが好ましい。

過程 S 1 5 で水電解セル 1 3 の電圧が基準値を満たしている水電解セル 1 3 については劣化や故障がないと考えられるため Y e s とされ、過程 S 1 2 に戻る。

20

過程 S 1 5 で水電解セル 1 3 の電圧が基準値の範囲から外れる水電解セル 1 3 については N o とされ、過程 S 1 6 に進む。

【 0 0 3 8 】

2 . 1 . 8 . 過程 S 1 6 、過程 S 1 7 、過程 S 2 2

過程 S 1 6 では過程 S 1 5 で水電解セルの電圧が基準値の範囲から外れて N o とされた水電解セルについて、水電解システム 1 0 を停止することを要するものであるかを判定する。

水電解セルの電圧が基準値の範囲から低い方に外れたときは、上記したように水電解セルの短絡が推定されるため水電解システムを停止する方がよいことから Y e s とされ過程 S 1 7 に進んでその旨を報知して過程 S 1 8 に進む。過程 S 1 7 の報知は上記過程 S 2 1 と同様に考えることができる。

30

【 0 0 3 9 】

一方、水電解セルの電圧が基準値の範囲から高い方に外れたときは、上記したように水電解セルの劣化が推定される。水電解セルの劣化は必ずしもすぐに水電解システムを停止する必要はないことから閾値を設けることが好ましい。すなわち、閾値を超えない電圧では、当該水電解セルの劣化が推測されるが、水電解システム全体を停止するほどには至っていないと考えられる電圧の範囲であるため、過程 S 1 6 で N o とされて過程 S 2 2 で報知された後に過程 S 1 2 に戻る。このときの過程 S 2 2 の報知は特に限定されることはないが、劣化があるが水電解システムの停止は行う必要がない旨を挙げることができる。報知の方法は上記した過程 S 2 1 と同様に考えることができる。

40

これに対して、閾値を超える電圧であった場合には劣化が顕著であり故障レベルに達していることが推定されることから、水電解システムを停止させるために過程 S 1 6 で Y e s とされて過程 S 1 7 を経て過程 S 1 8 に進む。

ここで閾値の具体的な値は特に限定されることはなく、試験的に得られた閾値を用いることができる。

【 0 0 4 0 】

2 . 1 . 9 . 過程 S 1 8

過程 S 1 8 では水電解システムの停止の判定を受けて、水電解システム 1 0 の運転を停止する処理を行う。水電解処理の停止は通常通りに行うことができ、電源 2 1 からの電圧の印加が停止される。

50

【 0 0 4 1 】

2 . 2 . 停止処理

上記した過程 S 1 8 のように停止処理は通常通りに行うことができるが、停止処理において水電解セルの水素発生極側に随伴水を伴っていないとき、水電解セルで燃料電池反応（発電反応）が起こることがあり、これによって水素極触媒層の触媒が劣化することがある。そこで、本形態ではさらに停止処理において、燃料電池反応が起きていないか監視し、起きた場合には速やかにこれを解消する処理を行う。図 9 に停止処理の制御 S 3 0 の流れを示した。図 9 からわかるように制御 S 3 0 は過程 S 3 1 ~ 過程 S 3 5 を含んでいる。

【 0 0 4 2 】

2 . 2 . 1 . 過程 S 3 1

過程 S 3 1 では水素側経路のパージを行う。水素側経路のパージにより水素側経路から随伴水を排出する。本形態では制御装置 2 3 により水素側経路に設けられた不図示の弁を開弁し、水素側経路から随伴水をパージする。これにより水電解セル 1 3 の水素発生極側の水素圧力を低下させる。ここで、随伴水のパージは、電源 2 2 で水電解セル 1 3 に対して電圧を印加しつつ行うが、このときには電流密度を $0.5 \text{ A} / \text{cm}^2$ 以下として一定以上の水素クロスリークが発生しない（又は最低の水素発生）条件での電解運転を行い、時間は数秒～数分程度の短い時間とする。この水素極の随伴水パージにより上記した燃料電池反応の発生を抑えることができる。

なお、このときに水電解スタック 1 3 の水素極発生極側に窒素などの不活性ガスを注入しながら行ってもよい。

【 0 0 4 3 】

2 . 2 . 2 . 過程 S 3 2

過程 S 3 2 では給水側経路のパージを行う。給水側経路のパージにより給水側経路から酸素を排出する。制御装置 2 3 によりポンプ 3 1 で純水を水電解スタック 1 3 へ送り、水電解に伴い水電解スタック 1 3 内に残留している酸素を気液分離器 3 2 に排出する。これにより水電解セル 1 3 の酸素発生極側の酸素圧力を低下させることができる。

【 0 0 4 4 】

2 . 2 . 3 . 過程 S 3 3

過程 S 3 3 ではセルモニタ 2 2 により水電解セル 1 3 の電圧が取得される。本形態では複数の電圧センサごとに電圧が取得される。取得された電圧データは信号で制御装置 2 3 に送信される。

上記したように本形態では複数の水電解セル 1 3 の各々、又は、複数の水電解セルごとに電圧が取得され、水電解セル 1 3 の積層位置ごとに電圧が取得される。

【 0 0 4 5 】

2 . 3 . 4 . 過程 S 3 4

過程 S 3 4 では過程 S 3 3 で得た水電解セル 1 3 の電圧が正常であるかを判定する。上記したように停止処理において、水電解セルで燃料電池反応（発電反応）が起こると水素極触媒層の触媒が劣化することがあるが、この燃料電池反応が起こっているかは水電解セル 1 3 の電圧により判定することができる。すなわち停止処理中に所定の電圧（例えば 1 つの水電解セル当たり $0.1 \text{ V} \sim 1.0 \text{ V}$ ）以上の電圧（再上昇）が検知されたときに当該反応が起こっていると判定することができる。

従って、過程 S 3 4 では、過程 S 3 3 で取得した水電解セル 1 3 の電圧が設定した電圧以下の場合は正常電圧のため Y e s とされ、過程 S 3 5 に進む。一方、過程 S 3 3 で取得した水電解セル 1 3 の電圧が設定した電圧より大きい場合は正常でなく燃料電池反応が起こっているため N o とされ、過程 S 3 1 に進み再び水素側経路パージを行う。

【 0 0 4 6 】

2 . 3 . 5 . 過程 S 3 5

過程 S 3 5 では過程 S 3 4 で正常電圧であると判定されたときに監視完了を行うか判定する。監視の完了は水電解システム 1 0 の停止処理が完了したかにより判定され、完了していれば Y e s とされ終了する。一方、また停止処理が完了していなければ N o とされて

10

20

30

40

50

過程 S 3 3 に戻り、監視が続けられる。

【 0 0 4 7 】

2 . 3 . 6 . その他

停止処理時において、水電解セル 1 3 にクロスリークや短絡があると、停止のために電源 2 1 による電圧印加を停止した直後に水電解セルの電圧の急激な低下が認められる。このことから、電源 2 1 による電圧印加を停止した後の一定時間内に水電解セルの電圧が閾値よりも電圧が低くなった場合にその旨を報知するように構成することもできる。

【 0 0 4 8 】

3 . 効果等

本形態の水電解システム 1 0、及び、その制御 S 1 0 によれば、短絡等の水電解セル 1 3 の不具合を早い段階で得ることができ、不具合を生じている水電解セル 1 3 を特定し易いため、より精度よく不具合を検知することができ、必要に応じて水電解システム 1 0 を速やかに停止することもできる。また、これを電解反応中に行うことが可能である。

制御 S 3 0 を用いたときには、水電解システム 1 0 の停止中における水電解セルの劣化を抑制することが可能となる。

【 符号の説明 】

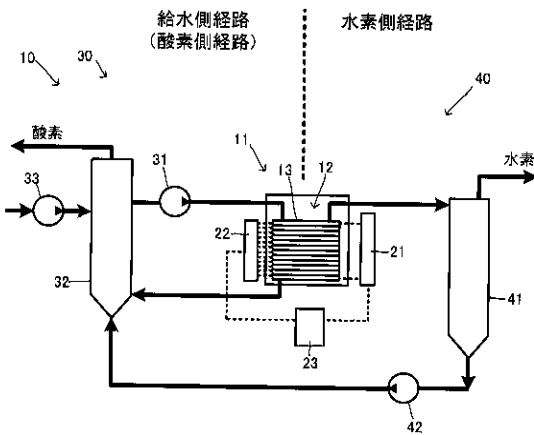
【 0 0 4 9 】

1 0 ... 水電解装置、 1 2 ... 水電解スタック、 1 3 ... 水電解セル、 2 1 ... 電源、 2 2 ... セルモニタ（電圧センサ）、 2 3 ... 制御装置、 3 0 ... 給水側経路（酸素側経路）、 4 0 ... 水素側経路

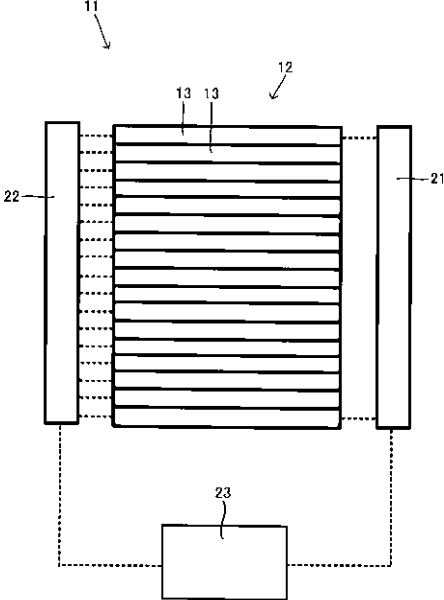
10

20

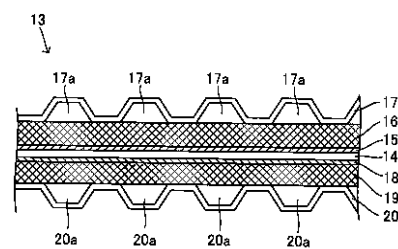
【 図 1 】



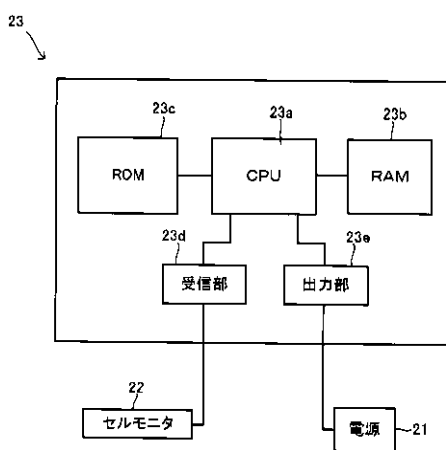
【 図 2 】



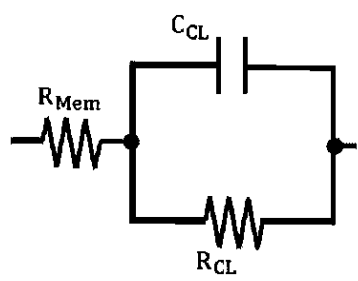
【図 3】



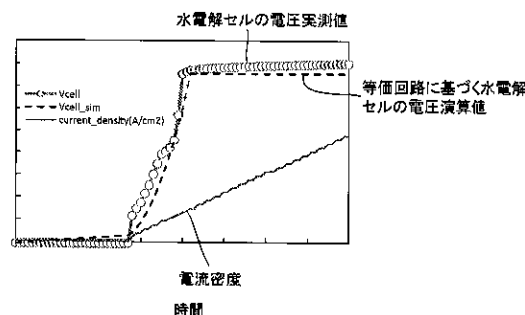
【図 4】



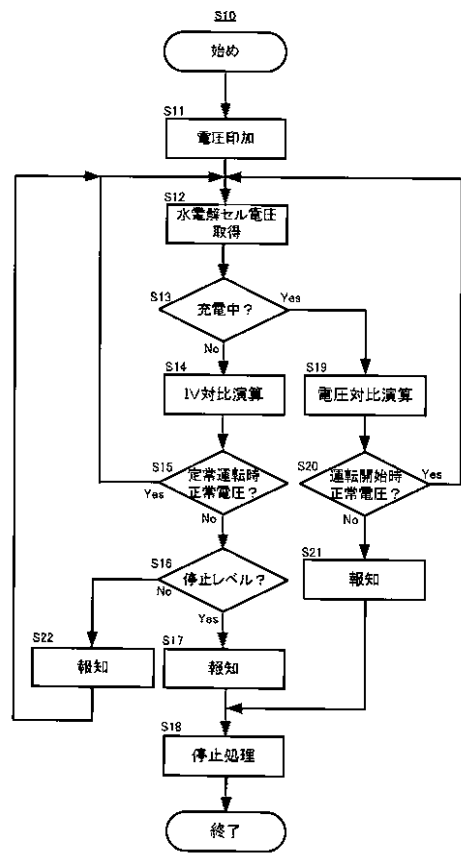
【図 6】



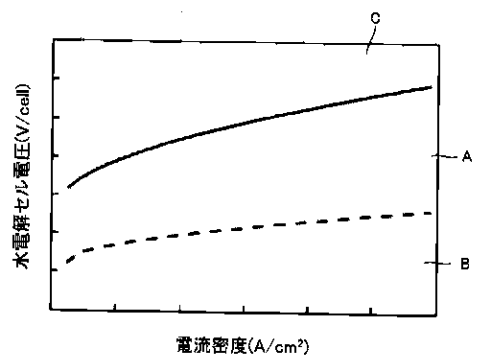
【図 7】



【図 5】



【図 8】



【図 9】

