

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6974309号
(P6974309)

(45) 発行日 令和3年12月1日 (2021. 12. 1)

(24) 登録日 令和3年11月8日 (2021. 11. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 8/04828 (2016. 01)

H O 1 M 8/04828

B 6 O L 50/70 (2019. 01)

B 6 O L 50/70

H O 1 M 8/04537 (2016. 01)

H O 1 M 8/04537

H O 1 M 8/04858 (2016. 01)

H O 1 M 8/04858

H O 1 M 8/0438 (2016. 01)

H O 1 M 8/0438

請求項の数 12 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-515885 (P2018-515885)
 (86) (22) 出願日 平成28年9月28日 (2016. 9. 28)
 (65) 公表番号 特表2018-530115 (P2018-530115A)
 (43) 公表日 平成30年10月11日 (2018. 10. 11)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2016/053020
 (87) 国際公開番号 W02017/055841
 (87) 国際公開日 平成29年4月6日 (2017. 4. 6)
 審査請求日 令和1年9月9日 (2019. 9. 9)
 (31) 優先権主張番号 1517175. 4
 (32) 優先日 平成27年9月29日 (2015. 9. 29)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 英国 (GB)

(73) 特許権者 504175659
 インテリジェント エナジー リミテッド
 I N T E L L I G E N T E N E R G Y
 L I M I T E D
 イギリス国 エルイー 1 1 3 ジービー
 レスターシャー ラフバラー アシュビー
 ロード ホリウエル パーク チャーン
 ウッド ビルディング
 (74) 代理人 100086531
 弁理士 澤田 俊夫
 (74) 代理人 100093241
 弁理士 宮田 正昭
 (74) 代理人 100101801
 弁理士 山田 英治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム用コントローラおよび関連方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池システムを動作させる方法において、
 上記燃料電池システムから取り出すことができる最大許容電流を決定するステップと、
 現行の上記最大許容電流に対する変化の大きさを、現行許容電流ランプ速度と、上記燃料電池システムの実際に測定された電流とに基づいて繰り返し決定するステップと、
 繰り返し決定される上記変化の大きさに従って、上記最大許容電流を更新するステップと、

上記現行の最大許容電流に従って上記燃料電池システムの動作パラメータを制御するステップと、

上記最大許容電流を、上記燃料電池システムの寄生負荷により消費される電流に応じて変更するステップとを有することを特徴とする、上記方法。

【請求項 2】

上記燃料電池システムの動作パラメータを制御する上記ステップは、上記燃料電池システムの電気負荷を制御するステップと有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

決定される上記変化の大きさは増分または減分を有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

上記変化の大きさは、上記現行の許容電流ランプ速度に対応する変化の大きさと電流負荷仕様によって変化の大きさのうちの小さい値に従って決定され、決定された値を上記最

大許容電流に対して増分として適用する請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

上記変化の大きさは、上記燃料電池システムの 1 または複数の燃料電池の乾燥時間に対応する時間間隔の関数として決定される請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

実際に測定された電流と、現在の現行電流ランプ速度と、上記燃料電池システムの定格最大電流、燃料および / または酸素搬送システムの能力に基づく、最大ランプ速度、上記燃料電池システムの 1 または複数の燃料電池の乾燥時間に対応する時間間隔、および、上記燃料電池システムの 1 または複数の燃料電池の湿潤時間に対応する時間間隔のうちの少なくとも 1 つとの関数として許容電流ランプ速度を周期的に決定するステップを含む請求項 1 記載の方法。

10

【請求項 7】

上記定格最大電流は、上記燃料電池システムの物理構造に対してあらかじめ決定される最大電流を有する請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

(i) 1 または複数の電池の温度が予め定められた温度閾値を上回ること、
(i i) 1 または複数の電池の電圧が予め定められた電池電圧閾値を下回って下降すること、
(i i i) 複数の電池の電圧が予め定められた範囲を超えること、
のうちの 1 または複数が起こった場合に、上記最大許容電流の増加を禁止するステップをさらに含む請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 9】

上記最大許容電流を、
(i) 総システム稼動時間、
(i i) 上記燃料電池システムが経験した完全開始停止サイクルの総回数のカウント、
(i i i) 予め定められた低湿度閾値を下回る周囲湿度、
(i v) 予め定められ低温閾値を下回る周囲温度、
(v) 予め定められ高温閾値を上回る周囲温度閾値、
(v i) システム電圧、
(v i i) 1 または複数の電池電圧の最小電池電圧閾値への近接度および / またはシステム温度の最大温度限界への近接度、および、
(v i i i) 上記最大許容電流が予め定められた最小電流制限を下回らないこと、
のうちの 1 または複数の関数として決定するステップをさらに含む請求項 1 記載の方法。

30

【請求項 10】

(i) 上記燃料電池システムがシャットダウン手順に入るか、(i i) 上記燃料電池システムの 1 または複数の燃料電池が負荷から隔離されるか、の一方または双方の場合に、上記最大許容電流を上書きするステップをさらに含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

燃料電池システムであって、
直列または並列に配置された 1 または複数の燃料電池と、
請求項 1 に記載の方法を実行するように適合されたコントローラとを有し、
上記直列または並列に配置された 1 または複数の燃料電池は空冷燃料電池であることを特徴とする燃料電池システム。

40

【請求項 12】

電力の供給を受けるために請求項 11 に記載の燃料電池システムを有する車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この開示は、燃料電池システムのためのコントローラおよび関連する方法に関し、とくに、これに限定されないが、動力用車両のような高負荷用途の燃料電池システムに関する

50

。

【背景技術】

【0002】

車両用途では、燃料電池スタック上の電気負荷は、車両の使用の変化に応じて、大幅にかつ迅速に変化する。例えば、電気モータなどの電気負荷の要求は、車両が停止または駐車されているときは無視できるが、車両の運転者が急激に加速することを決定した場合には、瞬時に比較的高い値に上昇する。電気負荷が、燃料電池システムから任意の所定の場合に供給できるよりも多くの電力を供給しようとする場合、燃料電池スタックの電池電圧はトリップ（停止）レベルまで低下するか、または、燃料電池スタックからの熱放散により、燃料電池スタックの温度が熱トリップ（停止）レベルを超えるようになる。これらの状況のいずれかが、有効な電源としての燃料電池システムの故障をもたらし、車両への総電力損失を引き起こす可能性がある。そのような事態は、車両用途における安全性の観点からは全く受け入れられないであろう。

10

【発明の概要】

【0003】

この発明の第1の側面によれば、燃料電池システムを動作させる方法は：

上記燃料電池システムから取り出すことができる最大許容電流を決定するステップと；

現行の上記最大許容電流に対する変化の大きさを、現行許容電流ランプ速度（変動速度）と、上記燃料電池の実際に測定された電流とに基づいて繰り返し決定するステップと；

繰り返し決定される上記変化の大きさに従って、上記最大許容電流を更新するステップと；

20

上記現行の最大許容電流に従って上記燃料電池の動作パラメータを制御するステップとを有する

【0004】

電流制限の導出は、燃料電池システムの外部電気負荷が燃料電池システムの能力内にある量の電力を引き出すことを可能にするために必要である。

【0005】

上記燃料電池の動作パラメータを制御する上記ステップは、上記燃料電池の電気負荷を制御するステップと有する。決定される上記変化の大きさは増分または減分を有する。上記変化の大きさは、上記現行の許容電流ランプ速度に対応する変化の大きさと電流負荷仕様によって変化の大きさのうちの小さい値に従って決定されて良い。決定された値は上記最大許容電流に対して増分として適用される。変化の大きさは、燃料電池システムの1または複数の燃料電池の乾燥時間に対応する期間の関数として決定されて良い。乾燥時間は、流れる電流がゼロであり、強制換気されないことを条件にして、さらなる乾燥がさらなる性能低下を生じないほど十分に、湿った電池を乾燥するのに要する時間であって良い。実際に測定された電流と、現在の現行電流ランプ速度と、上記システムの定格最大電流、燃料および/または酸素搬送システムの能力に基づく、最大ランプ速度、上記燃料電池システムの1または複数の燃料電池の乾燥時間に対応する時間間隔、および、上記燃料電池システムの1または複数の燃料電池の湿潤時間に対応する時間間隔のうちの少なくとも1つとの関数として許容電流ランプ速度を周期的に決定するステップを含んで良い。定格最大電流は、燃料電池システムの物理的構成のための所定の最大電流を含んで良い。許容可能な電流ランプ速度は、1つまたは複数の燃料電池の過乾燥により生じるシステム内の不足電圧事象の捕捉を確実にする現在の速度増加のレベルを表す最小電流ランプ速度の影響を受けて良い。この方法は、さらに、（i）1または複数の電池の温度が予め定められた温度閾値を上回ること；（ii）1または複数の電池の電圧が予め定められた電池電圧閾値を下回って下降すること；（iii）複数の電池の電圧が予め定められた範囲を超えることのうち、1または複数が起こった場合に、上記最大許容電流の増加を禁止するステップをさらに含んで良い。この方法は、上記最大許容電流を、（i）総システム稼動時間；（ii）燃料電池システムが経験した完全開始停止サイクルの総回数のカウント；（iii）予め定められた低湿度閾値を下回る周囲湿度；（iv）予め定められ低温閾値を下

30

40

50

回る周囲温度；（ v ）予め定められ高温閾値を上回る周囲温度閾値；および、（ v_i ）システム電圧のうちの1または複数の関数として決定するステップをさらに含んで良い。この方法は、上記最大許容電流を、1または複数の電池電圧の最小電池電圧閾値への近接度および/またはシステム温度の最大温度限界への近接度の関数として決定するステップをさらに含んで良い。この方法は、1つまたは複数の電池電圧が電圧閾値を下回ることを防止するために、比例積分コントローラを使用して最大許容電流を制限して良い。この方法は、最大許容電流を制限するために比例積分コントローラを使用して、1つ以上のスタック温度測定値が最大温度限界を超えて上昇するのを防止して良い。この方法は、上記最大許容電流が予め定められた最小電流制限を下回らないと判定するステップをさらに含んで良い。この方法は、（ i ）システムがシャットダウン手順に入るか；（ i_i ）システムの1または複数の燃料電池が負荷から隔離されるか、の一方または双方の場合に、上記最大許容電流を上書きするステップをさらに含んで良い。この方法は、上記システムの寄生電流負荷の関数として上記最大許容電流を変更するステップをさらに含んで良い。

10

【0006】

他の側面によれば、上記方法のいずれかを実行するように構成されたコントローラが提供される。

【0007】

他の側面によれば、直列または並列に配置された1つまたは複数の燃料電池と、コントローラとを有する燃料電池システムが提供される。1つ以上の燃料電池は、空冷式燃料電池であって良い。

20

【0008】

他の側面によれば、車両であって、当該車両に動力を供給するように構成された燃料電池システムを備える、上記車両が提供される。

【0009】

他の側面によれば、上記の方法を実行するようコントローラに命令するためのコンピュータプログラムが提供される。

【0010】

コンピュータ上で実行されると、本明細書で開示された回路、コントローラ、またはデバイスを含む任意の装置を構成するか、または本明細書で開示される任意の方法を実行するコンピュータプログラムを提供して良い。コンピュータプログラムは、ソフトウェア実装であって良く、コンピュータは、任意の適切なハードウェアとして考慮して良く、これは、デジタル信号プロセッサ、マイクロコントローラ、および、読み出し専用メモリ（ROM）、消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ（EPROM）または消去可能なプログラマブル読み出し専用メモリ（EEPROM）内の実現形態を含むが、これに限定されない。ソフトウェアはアセンブリプログラムであって良い。

30

【0011】

コンピュータプログラムは、コンピュータ可読媒体上に提供されても良く、これは、ディスクまたはメモリデバイスのようなものであり、あるいは過渡信号として実装されて良い。このような過渡信号は、インターネットダウンロードを含むネットワークダウンロードであって良い。

40

【0012】

この説明は、添付の図面を参照して、例としてのみ提供される。

【図面の簡単な説明】**【0013】**

【図1】燃料電池システムおよび外部電気負荷の模式図を示す。

【図2】図1の燃料電池システムを制御するためのフローチャートを説明する。

【図3】図1の燃料電池システムの更新された許容可能電流ランプ速度を決定する論理装置を説明する。

【図4】図1のような燃料電池システム用に燃料電池状態を決定するための論理装置を説明する。

50

【図５】図１のような燃料電池システム用に周囲ディレクト電流限界を決定するための論理装置を説明する。

【図６】図１のような燃料電池システム用に初期電流限界を決定するための論理装置を説明する。

【図７】燃料電池の負荷および図６の論理装置を用いて計算された対応する初期電流限界のプロフィールを説明する。

【図８】図１のような燃料電池システム用に総システム電流限界を決定するための論理装置を説明する。

【図９】図１のような燃料電池システム用に正味システム電流限界を決定するための論理装置を説明する。

10

【発明を実施するための形態】

【００１４】

図１は、車両用の燃料電池システム１００と、車両の電気モータまたは他の搭載システムなどの外部電気負荷１０２の概略図を示している。燃料電池システム１００は、燃料電池スタック１０４と、限界計算機１０６とを備える。燃料電池スタック１０４は、外部電気負荷１０２に電力を供給するように構成される。限界計算機１０６は、燃料電池システム１００からの信号を受信し、受け取った信号に基づいて負荷が燃料電池スタックから引き出すことができる電流の量の限界を決定する。限界計算機１０６は、例えばスタックおよび周囲温度、水和レベルおよびランプ速度などのスタック状態を考慮することによって電流制限を計算するように構成して良い。いくつかの例では、比例積分コントローラを限界計算機１０６として使用して、１つまたは複数の電池電圧が電圧閾値を下回るのを防止したり、または、１つまたは複数のスタック温度測定値が最大温度限界を超えて上昇するのを防止する。

20

【００１５】

重要なスタック状態の１つは、燃料電池膜の水和状態である。典型的には、膜中の水含有量が増加するにつれて、燃料電池スタックの性能（したがって、燃料電池スタックが生成し得る電力）が増加する。これは、導電性水の存在により電池の電気インピーダンスが低下するためである。従って、燃料電池スタック１０４が、その電気化学的プロセスの副生成物として水を生成することは、幸運なことであり、当該プロセスは水素と酸素とを組み合わせさせて電池のカソード（酸素露出側）に水を生成する。電流の流れの結果として生成された水は、燃料電池１０８を水和する。

30

【００１６】

逆に、燃料電池スタック１０４を流れる電流を増加させるプロセスは、電池の分極特性にともなって、（典型的には１．２３ｖ／電池）の理論開回路電圧から、（典型的には０．７ｖ／電池）の、より低い動作電圧への電圧減少をもたらす。この失われた電位は、当該失われた電位と同等の熱散逸によって説明される。したがって、発電量が増加すると、燃料電池システムによって管理されなければならない熱放散が、ほぼ等しいだけ増加する。負荷電流が変化するとき動作温度を電気化学反応に許容可能に維持するために、送風機またはファンが、露出したカソードを含む、燃料電池スタックを通して移動させる空気量を変化させることによって、放熱が空冷式燃料電池スタックにおいて実現されて良い。暖かい湿った表面を横切るそのような空気の通過は、常に表面の乾燥をもたらす、蒸発によって燃料電池スタックから水を除去する。燃料電池スタック１０４の水和、ひいてはスタック１０４が使用されるシステム１００の効率および性能は、運転負荷および環境条件の変化によって引き起こされる湿潤および乾燥事象の変化に左右される。

40

【００１７】

スタックの水和状態は、電気インピーダンス分光法（ＥＩＳ）などの方法によって決定することができ、これは、電気負荷１０２に変調印加された特定の周波数の電気信号を使用して、電池１０８のインピーダンスを決定することができる。現実には、そのようなシステムは複雑であり、現実世界のアプリケーションのコスト、重量および体積要件を超えている可能性がある。その代わりに、限界電流を決定する方法の例は、容易に利用可能な

50

燃料電池システム 100 からの測定パラメータの数、ならびに燃料電池スタックの特性レポートデータに基づきいくつかの定数および計算に基づいてもよい。

【0018】

負荷コントローラ 107 は、外部電気負荷 102 に関連付けられている。負荷コントローラ 107 は、限界電算器 106 から電流制限を受け取り、受け取った電流制限に従って外部電気負荷 102 を制御するように構成される。電流制限は、例えば車両のパワートレインのような C A N バスを介して負荷コントローラ 107 に供給されてもよい。負荷コントローラ 107 は、電流制限を使用して、D C / D C コンバータ（図示せず）が、燃料電池システム 100 が維持することができるよりも多くの電流を外部電気負荷 102 に流さないように制限することができる。

10

【0019】

燃料電池スタック 104 は、この例では、直列に積み重ねられた複数の空冷式燃料電池 108 を有する。代替的には、燃料電池スタックは、単一の燃料電池または並列に設けられた複数の燃料電池のみを有して良い。燃料電池システム 100 は、空気を燃料電池 108 に提供するために、送風機またはファンのような強制換気装置を有して良い。さらに代替的な方法として、スタック 104 の代わりに燃料電池の平面配列を設けて良い。

【0020】

図 2 は、図 1 の限界計算機および負荷コントローラによって実行されて良い方法 200 を示す。

【0021】

20

方法 200 は、燃料電池スタックから引き出され得る最大許容電流を決定するステップ 202 を含む。その後、現行の最大許容電流に対する変化の大きさが、現行の許容電流ランプ速度および燃料電池スタックの実際の測定電流に基づいて決定される（204）。現行の最大許容電流の変化の大きさの決定ステップ 204 は、繰り返して、または定期的に実行されてもよい。各決定ステップ 204 の後、決定された変化の大きさに従って最大許容電流が更新される（206）。続いて、燃料電池スタックの動作パラメータが、現行の最大許容電流に従って制御される（208）。燃料電池スタックの動作パラメータを制御するステップは、燃料電池スタック上の外部電気負荷を制御することを含んで良い。

【0022】

方法 200 の実施ステップが、図 3 ~ 図 9 の論理構成図を参照して以下にさらに詳細に説明される。図 3 ~ 図 9 において、入力変数は " I " でラベル付けされ、出力変数は " O " でラベル付けされる。プリセット変数または定数は、" I " も " O " も付けられない。

30

【0023】

図 3 は、更新された許容電流ランプ速度（SystemCurrentRampRate）302 を決定するための論理装置 300 を示し、これは、後続の論理構成図の入力として使用される。

【0024】

要約すると、スタックが完全に乾燥しているときの乾燥電流 310 とスタックが完全に濡れているときの湿潤電流 312 との間の差 308 から決定された電流差分値 306 に、現行のシステム電流ランプ速度（PrevailingSystemCurrentRampRate）を加えることによって、SystemCurrentRampRate 302 が決定される。電流がさらに取り出されたり、もっと湿潤な環境下で運転がなされたりしても、スタックの性能がほとんど、またはまったく増加しない（例えば、発電量の 1 % 未満の変化など）とき、スタックは「完全に濡れている」ことになる。スタックに負荷を加えないで、20 で相対湿度 50 % の「典型的な」環境下でファンを連続運転しても、インピーダンスが増加しないときに、スタックは「完全に乾燥」されている。電池内の水含有量に基づくスタックのインピーダンスは、例えば、電気化学的インピーダンス分光法を使用して決定して良い。電流差分値 306 は、正または負にすることができ、スタック状態に基づいてランプ速度を増減することができる。

40

【0025】

50

乾燥電流 310 を決定するために、第 1 の除算器 315 は、負荷に供給された実際の測定電流 (SystemGrossCurrent) 314 を最大電流制限 (MaximumCurrentLimit) 316 で除算し、減算ユニット 318 は除算の結果を 1 から減算する。MaximumCurrentLimit 316 は、燃料電池スタックが生成すると予想される定格または理論上の電流値である電流である。MaximumCurrentLimit 316 は、各電池の活性領域および膜の電流密度によって制限される。第 1 の除算器 315 と並列に、第 2 の除算器 321 は、最大電流ランプ速度 (MaximumCurrentRampRate) 320 をスタック完全乾燥時間 (StackFullyDryTime) 322 で除算する。最大電流ランプ速度 320 は、燃料電池システムの種々のパラメータから計算される、電流増加を許容する最大速度である。例えば、MaximumCurrentRampRate 320 は、燃料電池状態のガス搬送システムが電流のステップ変化に応答する能力、および電池電圧測定のような電流の増加による二次的影響に対応する制御システムの制限に応じて設定される。StackFullyDryTime 322 は、濡れた電池が、さらなる乾燥がさらなる性能低下を、例えば 1 %、2 % または 5 % の電圧低下をもたらさないくらいに十分に乾燥させるのに必要な時間であり、ただし、電流がゼロで、強制換気されないことを条件とし、たとえば、送風機や送風機が作動していないことを条件とする。第 1 の乗算器ユニット 324 は、2 つの並列経路と一緒に乗算する。第 2 の乗算器ユニット 326 は、第 1 の乗算の積に電流限界計算制御時間 (CurrentLimCalcLtrTime) 328 を乗じて、乾燥電流 310 を与える。

【0026】

湿潤電流 312 を決定するために、第 3 の除算器 330 は SystemGrossCurrent 314 を最大電流 316 で除算する。並行して、第 4 の除算器ユニット 331 は、MaximumCurrentRampRate 320 をスタック完全湿潤時間 (StackFullyWetTime) 332 で除算する。StackFullyWetTime 332 (332) は、第 2 の除算器ユニット 320 によって生成される。乾燥電池が十分に濡れるまでに要する時間であり、これは、さらなる濡れがさらなる性能向上、例えば、1 %、2 % または 5 % の電圧上昇をもたらさないものであり、ただし、最大電流限界 316 の電流フロー、スタックの定格電流、または理論上の最大電流を条件とする。第 3 の乗算器 334 は、第 3 および第 4 の除算器 330、331 からの両方の除算値の結果を乗算する。第 4 の乗算器 336 は、第 3 の乗算の結果に CurrentLimCalcLtrTime 328 を乗算して、乾燥電流値 312 を供給する。除算器ユニット 308 は、乾燥電流 310 と湿潤電流 312 との間の差を決定して電流差 306 を供給する。加算ユニット 337 は、現行システム電流ランプ速度 304 と電流差 306 との和を計算する。第 1 比較ユニット 340 は、当該和を最大電流ランプ速度 (MaximumCurrentRampRate) 320 と比較する。この比較は、これら比較値のうち大きいものを第 2 の比較器 344 に供給して、最小電流ランプ速度 (MinimumCurrentRampRate) 346 とさらに比較するためのものである。最小電流ランプ速度 346 は、一旦負荷が印加されて、電池電圧が降下し始めるならば、電流限界計算がさらなる電流限界の増大を阻止できるようにする最も遅いレートである。電流限界計算および電池電圧検出回路の応答時間に応じて、MinimumCurrentRampRate 346 を 1 A / sec および 10 A / sec の間、例えば 5 A / sec として良い。これらの比較 340、344 は、新たに計算されたランプ速度 (SystemCurrentRampRate 302) が最大電流ランプ速度 320 または最小電流ランプ速度 346 のいずれをも超えないことを保証する。

【0027】

このようにして、実際の測定された電流 (SystemGrossCurrent 314) および現在の支配的な電流ランプ速度 (PrevailingSystemCurrentRampRate 304)、並びに、つぎのうちの少なくとも 1 つの関数として、許容可能な電流ランプ速度 (SystemCurrentRampRate 302) が決

10

20

30

40

50

定される。

- ・スタックの定格電流、または理論上の最大電流 (MaximumCurrentLimit316) ;
- ・燃料および/または酸化剤送達システムの能力に基づく最大ランプ速度 (MaximumCurrentRampRate320) ;
- ・燃料電池スタックの乾燥時間 (StackFullyDryTime322) に対応する時間 ; および
- ・燃料電池スタックの濡れ時間 (StackFullyWetTime332) に対応する期間

【0028】

図4は、燃料電池システム内の燃料電池の実際の平均温度 (MeanTX03__Sys) 402、最小スタック電池電圧 (MinCellVoltage__Sys) 404およびCVMシステム電圧拡散 (SystemCVMSpreadVoltage) 406に基づいて燃料電池状態を決定するための論理装置400を示す。これらの値のそれぞれは、現在の増加をサポートする変数能力に特有の閾値と比較される。すべての変数が要求された条件を満たさない場合、電流増加は許可されない。

【0029】

第1の比較器410は、実際の平均温度 (MeanTX03__Sys) 402と、燃料電池スタックの所定の温度閾値 (IncCurrentMaxTX03) 408とを比較する。IncCurrentMaxTX03 408は、過熱を防止するためにスタック温度が高すぎる場合に電流が増加しないように選択することができる。いくつかの例では、IncCurrentMaxTX03 408は、燃料電池スタックのトリップ閾値に隣接し得る。IncCurrentMaxTX03 408は、例えば、冷却システムがステップ変化に応答している間に、ピーク性能温度を超える一時的な変動が許容されるので、ピーク性能温度よりも高くてもよい。

【0030】

第2の比較器414は、最小スタック・電池電圧 (MinCellVoltage__Sys) 404を、システム電流限界のそれ以上の増加が許容されない所定の電池電圧閾値 (IncCurrentMinCellV) 412と比較する。IncCurrentMinCellV 412は、スタックから引き出された過剰な電流が電池電圧を低過ぎるよう

【0031】

SystemCVMSpreadVoltage406は、燃料電池スタック内の最低電池電圧の電圧と、燃料電池スタック内の最高電池電圧の電圧との間の差である。アノード上の水分が多すぎる燃料電池スタックは、このパラメータに対して比較的高い値を示す。第3の比較器418は、所定の電池電圧閾値 (SystemCVMSpreadVoltage) 406を、それ以上の電流増加が許容されない閾値である所定の範囲 (IncCurrentMaxCVMSpread) 416と比較する。IncCurrentMaxCVMSpread 416は、ページが水の蓄積を取り除くことができるような事態が生じるまで、増加した電流の流れおよび水の生成によって引き起こされるさらなる電池電圧降下の発生

【0032】

3つの比較器410、414、418の出力に対して3元AND演算420が実行されて、許可電流増加フラグ (PermitCurrentIncrease) 422を設定するようになっており、これはブール値を取って良い。

【0033】

このようにして、最大許容電流の増加が、つぎのうちの1または複数があるときに、禁止されて良い。

- ・スタック内の1つ以上の電池の温度が所定の温度閾値を超えている ;

- ・ 1 つ以上の電池電圧が所定の電池電圧閾値を下回る；
- ・ 複数の電池電圧が所定の範囲を超える。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、以下のうちの 1 つを使用することによって周囲ディレータ電流の限界を決定するための論理装置 5 0 0 を示す。

- ・ システムが低温の場合は、電源 5 1 0 が必要である。
- ・ システムが正常な状態の場合は、電源 5 2 4 が必要である。
- ・ システムが高温になっている場合は、電源 5 2 0 が必要である。

【 0 0 3 5 】

第 1 減算ユニット 5 0 4 は、Lower Temp Derate Point 5 0 6 (Lower Temp Derate Point は、それ以下であると燃料電池システムの寄生負荷に電力を供給する必要がある、そのために搬出電力を減少させることになる周囲温度である) から、測定された周囲温度 (TX 0 1) 5 0 2 を減算する。第 1 乗算器 5 0 8 は、減算ユニット 5 0 4 によって決定された差分に、燃料電池システムが生成する電気エネルギーの量の Lower Temp Derate Point 5 0 6 より低い温度での 1 度あたり減少分 (Lower Temp Derate Watts Per Kelvin) 5 1 9 を乗算して、システムが低温状態で動作している場合に必要とされる電力 5 1 0 を供給するようになっている。

【 0 0 3 6 】

第 2 の減算ユニット 5 1 4 は、測定された周囲温度 (TX 0 1) 5 0 2 から、燃料電池システム (Upper Temp Derate Point) 5 1 2 の寄生負荷に対応するために供給電力が低減される周囲温度を減算する。第 2 の乗算ユニット 5 1 6 は、システムが高温状態で動作している場合に必要とされる電力 5 2 0 を供給するために、第 2 の減算ユニット 5 1 4 により決定される差分に、燃料電池システムが Upper Temp Derate Point 5 1 2 よりも高い温度で生成する 1 度あたり生成する電気エネルギーの量 (Upper Temp Derate Watts Per Kelvin) 5 1 8 を乗算する。

【 0 0 3 7 】

第 3 の減算ユニット 5 2 8 は、システムが冷えている場合に必要とされる電力 5 1 0 を、正常状態 (Nominal Power Output) 5 2 4 で動作するシステムの公称電力出力の基準値から減算する。第 4 の減算ユニット 5 3 0 は、システムが熱いときに必要とされる電力 5 2 0 を、Nominal Power Output 5 2 4 から減算する。第 1 の比較ユニット 5 2 2 は、つぎの中から最小値 5 2 6 を決定するために比較を行う。

- ・ Nominal Power Output 5 2 4
- ・ Nominal Power Output 5 2 4 から、システムが低温状態で動作している場合に必要とされる電力 5 1 0 を引くことによって得られる差分；および
- ・ システムが高温状態で動作している場合に必要とされる電力 5 2 0 を Nominal Power Output 5 2 4 から減算することによって得られる差分

【 0 0 3 8 】

第 3 の乗算器ユニット 5 3 0 は、システムが動作している時間数 (System Data__Uptime Hours) に倍率 5 3 2 を乗算する。第 5 の減算ユニット 5 3 4 は、寿命スケール積 5 3 6 を提供するために、乗算の積を 1 から減算する。ユニット 5 3 7 は、第 1 の比較ユニット 5 2 2 によって決定された最小値 5 2 6 と寿命スケール積 5 3 6 とを乗算して、劣化の補正された電力 5 3 9 を提供し、これは、電力をスタックの経年変化に応じたパーセンテージだけ減少させる。寿命スケール積 5 3 6 は、寿命の初期 (BoL) 電力と寿命の終了 (EoL) 電力との間の所与の電流フローに対するスタックの出力電圧の低下に対処するために供給され、この低下はカソードの劣化によるものである。いくつかの例では、システムの電力仕様を満たすために電流制限値が計算されるので、ロジックがこの劣化を計算することが重要である。予想される電力供給仕様が (劣化のために) システムの寿命にわたって低下し、これが計算によって考慮されない場合、コントローラは、電圧の低下に対応するために、寿命末期に電流を増加させようとする可

10

20

30

40

50

能性がある。このような動作は、燃料電池スタック内の熱放散を大幅に増大させることがある。場合によっては、増加した熱放散は、システムによって受け入れられる熱放散よりも大きくなってしまふ。

【0039】

第2の比較ユニット541は、定格または理論上の公称システム電圧 (System Polarised Voltage) 542およびシステムの出力電圧 (VX10) のうちの低い方を決定する。いくつかのスタックのトポロジーでは、System Polarised Voltage 542は100.8Vであり、各電池は0.7Vで動作する。この決定の目的は、システムが開回路電圧であるときに行われる初期電流計算が非現実的に小さくないようにすることである。1電池当たり0.7V以下の負荷による電圧降下を前提とすることにより、電流負荷の初期計算は、その負荷が印加されたときの電圧降下が予測されるため、より正確にすることができる。もちろん、実際の電圧が予想よりも低い場合、基準の最小値が適用され、より多くの電流が供給されて所望の電力が得られる。

10

【0040】

第1の除算器540は、劣化した補正電力539を、理論公称システム電圧 (System Polarised Voltage) 542、および、第2の比較によって供給されるシステム (VX10) の出力電圧544のうちの小さい値541で、除算することによって、周囲電流制限値 (Ambient Derate Current Limit) を計算する。燃料電池スタックの電流レーティングは、Maximum Current Limit 316によって設定され、スタックの寿命を通して同じままである。ただし、始動時 (BoL) において、所定の電流に対して燃料電池スタックによって供給される電圧は、寿命末期 (EoL) よりも高い。電流制限の計算では、全電圧出力 (VX10) 544を考慮し、これに基づいて予想される電力を供給するのに必要な電流制限を決定し、BoLとEoLの電圧差に左右される (つまり、電流は寿命を通じて増大し、電圧は低下し、したがって、効率は低下していく)。

20

【0041】

Nominal Power Output 524のような定数は、システムの寄生的なエネルギー要件が、総スタック電流能力および寄生素子 (ファン、プロワ、ヒータ) の許容範囲を満たして、燃料電池システムの許容動作環境をその動作中に維持するのを確実にするように選択されて良い。Nominal Power Output 524は、また、システムの期待される電力供給 (仕様)、ならびに、スタックの条件付け事象 (「ファンの脈動」) に起因する、出力の予想されるオフタイムを考慮して選択し、もって、時間間隔にわたる具体的なネット平均出力が達成されるようにして良い。

30

【0042】

このようにして、最大許容電流 (これは Ambient Derate Current Limit 538に関連する) は、つぎの1つまたは複数の関数として決定されて良い。

- ・システムの合計実行時間 (System Data Uptime Hours 528) ;
- ・所定の低温閾値 (Low Temp Derate Point 506) を下回る周囲温度 (TX01 502) ;
- ・所定の高温閾値 (Upper Temp Derate Point 512) を上回って上昇する周囲温度 (TX01 502) ; および
- ・スタック電圧 (VX10 544)

40

【0043】

代替的な例では、Ambient Derate Current Limit 538は、さらに、以下のうち的一方または双方の関数として決定されて良い。

- ・燃料電池スタックが受ける、完全な停止開始サイクルの総数のカウント ; および
- ・所定の低湿度閾値を下回る周囲湿度

【0044】

図6は、初期電流制限値 (Initial Current Limit) 602を決定するための論理装置600を示す。初期電流制限値602は、スタックの状態に基づく軽減

50

化のために係数倍加されていない総システム電流制限値である。InitialCurrentLimit602は、燃料電池スタックから引き出される最大許容電流の一例である。

【0045】

論理装置600は、マルチセレクタ610によって結合された3つの別個の論理経路604、606、608を有する。第2の論理経路606は、InitialCurrentLimit602を増加させるべき電流の量を周期的に決定する。第3の論理経路608は、InitialCurrentLimit602を減少すべき電流の量を周期的に決定する。第1論理経路604の出力は、マルチセレクタ610が第2論理経路606または第3論理経路608を選択するかどうか、すなわち、InitialCurrentLimit602を増加させるか減少させるかを制御するために使用される。

10

【0046】

第1の論理装置経路604は、入力として、以下のものと受け取る。

- ・ 負荷に供給される実際の測定電流(SystemGrossCurrent)612；
- ・ 負荷によって取り出される電流の増加を検出するために現に取り出されるものを上回って、システムが受け入れる電流量(CurrentLimtOverhead)614；
- ・ 負荷に供給される電流の限界(GrossSystemCurrentLimit)616、例えば、図8で後述する論理装置を使用して計算することができるもの；および
- ・ 現在の増加が許可されるべきかどうかを示すプール値(PermitCurrentIncrease)618であり、これは例えば図4に関して前に説明した論理装置を使用して計算することができるもの

20

【0047】

第1の論理経路604において、比較器620は、GrossSystemCurrentLimit616と、SystemGrossCurrent612およびCurrentLimtOverhead614の和622とのうちの大きいもの決定する。次いで、AND演算623が、これらの値のうちの大きい方と、PermitCurrentIncrease618とのプール値に対して実行され、マルチセレクタ610の選択条件を供給する。システム上の負荷が、GrossSystemCurrentLimit616に近づいている電流を引き出そうとしており、かつ、スタックが増加を許容する条件にあるならば、マルチセレクタ610は、InitialCurrentLimit602が、第2の論理装置経路606によって設定可能になるように設定される。

30

【0048】

第2の論理装置経路606は、入力として、つぎのものを受け取る。

- ・ 例えば図3を参照して先に説明した論理装置を使用して計算することができる現行の許容電流ランプ速度(SystemCurrentRampRate)624；
- ・ 電流限界計算制御時間(CurrentLimCalcCtrlTime)626、これは、図3を参照して先に説明したものと同様であってもよい
- ・ SystemGrossCurrent612；
- ・ CurrentLimtOverhead614；および
- ・ GrossSystemCurrentLimit616

40

【0049】

第2の論理経路606において、第1の減算器634は、第2の加算ユニット636によって計算されたSystemGrossCurrent612とCurrentLimtOverhead614との和からGrossSystemCurrentLimit616を減算する。この減算の結果は、第1の比較ユニット638によって、SystemCurrentRampRate624およびCurrentLimCalcCtrlTime626の積と比較され、どちらが最低値であるかを判定する。第3の加算ユニット642は、これらの値の低い方をGrossSystemCurrentLimit616に加算し、第2の論理経路入力をマルチセレクタ610に供給する。第2の論理経路入力は、SystemCurrentRampRate624およびGrossSystem

50

mCurrentLimit616に基づいて、現行の最大許容電流に対する変化の大きさを供給する。このようにして、InitialCurrentLimit602は、以下のうちの小さいものから導出される。

(i) 新しい電流制限を作成するために経時的に正規化されたSystemCurrentRampRate624; および

(ii) 2Aであってもよい、SystemGrossCurrent612およびCurrentLimitOverhead614を加えたものから、以前の現在の需要からのGrossSystemCurrentLimit616を差し引いたもの。したがって、第2の論理経路606は、InitialCurrentLimit602の近くで動作し、InitialCurrentLimit602のサイクルまたは変動を防止する。

10

【0050】

第3の論理経路608は、入力として、以下のものを受け取る。

- ・GrossSystemCurrentLimit616;
- ・SystemGrossCurrent612;
- ・始動時に燃料電池システムが生成すると予想される理論電流値(MaximumCurrentLimit)628;
- ・完全に湿った電池が十分に乾燥して、送風機またはファンが稼動しているときに電流が流れないことを条件にして例えば2%のマージンのエラー内で、乾燥がさらに性能を低下させないようにする期間(StackFullyDryTime)630;
- ・CurrentLimCalcLtrTime328、これは、InitialCurrentLimit602の計算の間の時間間隔である。MaximumCurrentLimit628、StackFullyDryTime630およびCurrentLimCalcLtrTime632は、図3を参照して先に説明した対応する値と同様であって良い。

20

【0051】

第3の論理経路608において、第1の除算器644は、SystemGrossCurrent612をMaximumCurrentLimit628で除算する。1-n演算650が第1の除算器644の出力に対して実行される。第2の除算器646は、StackFullyDryTime630をCurrentLimCalcLtrTime632で除算する。第3の除算器648は、MaximumCurrentLimit628を第2の除算器646の出力で除算する。第1の乗算器652は、第3の除算器648の出力に1-n演算650の出力を乗算する。第1の減算部654は、GrossSystemCurrentLimit616から乗算結果を差し引き、得られる変化の大きさは、第3の論理経路入力として、マルチセクタ610に供給される。このようにして、SystemGrossCurrent612とMaximumCurrentLimit628との間で利用可能な電流の割合が決定される。パーセンテージは、GrossSystemCurrentLimit616から取り出される電流量を決定するために使用される。これは、スタックが依然として負荷に供給できる電流の量に、利用可能な現在のオーバーヘッドの割合を乗算することによって行われる。これにより、初期電流制限がわずかに減少し、これは、最終的に負荷が要求する電流のすぐ上の限界に徐々に近づく。この電流制限のこの緩やかな減少は、負荷を即座に制限することなく、より高い電流要求に戻すことを可能にする。膜乾燥効果は湿潤効果よりも遅いので、燃料電池内でこの挙動を支持することが可能であろう。

30

40

【0052】

マルチセクタ610の出力は、第2の比較ユニット656によって、図5を参照して先に説明した論理装置を使用して提供されて良い周囲電流制限(AmbientDerateCurrentLimit)657と比較され、比較値の低い方が第2の比較ユニット656の出力として供給される。第3の比較ユニット658は、第2の比較ユニット656の出力をMaximumCurrentLimit628と比較し、比較された値の

50

うち大きい方が `InitialCurrentLimit602` として供給される。このように、`InitialCurrentLimit602` は、第2の論理経路606または第3の論理経路606によって供給される、決定された変化の大きさに従って、またはそれに基づいて更新される。

【0053】

図7は、`InitialCurrentLimit702` の時間の関数としてのプロファイルを示し、`InitialCurrentLimit702` は、外部負荷 (`SystemGrossCurrent`) 712 に供給される実際に測定された電流に基づく、図6の論理装置を含む例示的システムによって計算されたものであり、これは、図6の論理装置に対する入力変数である。

【0054】

図7のプロファイルは、いくつかの期間700a、700b、700cに分けられている。第1の期間700aにおいて、`InitialCurrentLimit702` は、`SystemGrossCurrent712` (約3A) より大きい5Aの安定値を有する。次の第2の期間700bの開始時に、`InitialCurrentLimit702a` は、増加した `SystemGrossCurrent712` を実現するために、漸近的に約3.9Aに増加する。初期の `CurrentLimit702` および `SystemGrossCurrent712` は、第2の期間700bにおいて同様であり、両方とも一定である。次の第3の期間700cの開始時に、`SystemGrossCurrent712` は漸近的に0Aに落ちる。`InitialCurrentLimit702b` は、また、第3の期間700cにおいて減少するけれども、`SystemGrossCurrent712` よりも低いレートである。`InitialCurrentLimit702b` の減少率は、燃料電池スタックの乾燥速度 (`StackFullyDryTime`) に応じて、図6の第3の論理装置によって計算される。図6を参照して上述したように、`InitialCurrentLimit702` の比較的ゆっくりとした減少は、`SystemGrossCurrent712a` が、`InitialCurrentLimit702` に即座の変更を課す必要なく、第3の期間中のより高い電流要求に戻ることを可能にする。この特徴は、車載アプリケーションなどの高需要と低需要との頻繁なトグルが発生するアプリケーションにおいて、とりわけ、有用である。例えば、車両駆動サイクルの間、車両は、始動からトルク制限によって電流制限を増加させたレベルまで駆動されてもよい。その後車両が交通交差点で停止した場合、トルク制限を課す必要はない。というのは、燃料電池は、さらなる電流制限なしに加速時の負荷を直ちに支えることができるからである。

【0055】

図8は、図6を参照して先に説明した論理装置と共に使用する総システム電流制限 (`GrossSystemCurrentLimit`) 802 を決定するための論理装置800を示す。`GrossSystemCurrentLimit802` は、燃料電池スタックから取り出される最大許容電流の例である。

【0056】

論理構成800は、以下を入力として受け取る。

- ・燃料電池スタックから引き出される最大許容電流 (`InitialCurrentLimit`) 804 ;
- ・1つ以上の電池電圧 (`MinActiveCellVoltage`) 806 ;
- ・最小電池電圧閾値 (`RollbackMinCellVPoint`) 808 ;
- ・電圧が不十分な場合に `GrossSystemCurrentLimit802` が減少するレート (`UndervoltRollbackRate`) 810 ;
- ・電流限界計算制御時間 (`CurrentLimCalcLtrTime`) 812、これは、図3を参照して先に説明した対応する特徴と同様であってもよい ;
- ・燃料電池スタックの実際の平均温度 (`MeanTX_Sys`) 814 ; これは、図4を参照して先に説明したものと同様であってもよい。

- ・最大温度制限 (RollbackTX03Point) 816 ;
- ・温度が高すぎる場合、GrossSystemCurrentLimit802が減少するレート (TemperatureRollbackRate) 818 ; および
- ・所定の最小電流制限 (MinimumCurrentLimit) 814

【0057】

論理構成800は、第1のマルチセクタ816および第2のマルチセクタ818を備える。

【0058】

第1の総和ユニット822は、UndervoltRollbackRate810にCurrentLimCalcLtrTime812を乗算し、その積を第1の演算器824に供給する。第1の演算器824は、ゼロを積から引いた値に等しいマルチセクタ816の入力を供給する。マルチセクタ816の第2の入力はゼロに設定される。第1の比較器820は、MinActiveCellVoltage806とRollbackMinCellVPoint808とを比較し、その比較に従って第1のマルチセクタ816による選択を制御する。

【0059】

第2の総和ユニット826は、TemperatureRollbackRate818にCurrentLimCalcLtrTime812を乗算し、その積を第2の演算器828に供給する。第2の演算器828は、ゼロを積から引いた値に等しいマルチセクタ818の入力を供給する。マルチセクタ818の第2の入力はゼロに設定される。第2の比較器830は、MeanTX_Sys814とRollbackTX03Point816とを比較し、その比較に従って第2のマルチセクタ818による選択を制御する。

【0060】

加算ユニット832は、第1のマルチセクタ816の出力と、第2のマルチセクタ818の出力と、InitialCurrentLimit804とを加算する。第1の比較部834は、加算部832の出力とMinimumCurrentLimit814とを比較し、これらの値のうち大きいものをGrossSystemCurrentLimit802として供給する。

【0061】

このようにして、論理装置800が、差し迫った電池不足電圧を検出し、それによりシステムの不足電圧防護の低電圧保護システムがトリップするのを回避するならば、または、論理装置800が、システムが過温度トリップに近づいており、それにより、システム温度過大トリップが生じることを検出するならば、GrossSystemCurrentLimit802が減少させられる。論理装置800が差し迫った不足電圧も過大温度状態も検出しない場合、GrossSystemCurrentLimit802はInitialCurrentLimit804として設定される。MinimumCurrentLimit814と比較して、総システム電流制限が最小値を越えられないことを確実にする。

【0062】

この例では、GrossSystemCurrentLimit802は、1つ以上の電池電圧 (MinActiveCellVoltage) から最小電池電圧閾値 (RollbackMinCellVPoint) および / またはスタック温度 (MeanTX_Sys) の最大温度限界までの近接度の関数として決定される (RollbackTX03)。

【0063】

図9は、燃料電池スタックから引き出され得る最大許容電流の別の例である正味システム電流限界 (NetSystemCurrentLimit) 902を決定するための論理装置900を示す。NetSystemCurrentLimit902は、車両に電流制限として渡された値であり、燃料電池システムによって車両の負荷コントローラに「

10

20

30

40

50

公開」されているため、公表された電流制限と呼ぶこともできる。Net System Current Limit 902は、外部負荷の電流制限であるが、これまでに参照したGross System Current Limitは、燃料電池システムの外部および寄生負荷を含むすべての負荷の電流制限である。Gross System Current Limitは、先の論理装置によって最初に決定され、その後、Net System Current Limit 902は、寄生負荷を考慮した後の残存電流を考慮して決定される。

【0064】

論理構成900は、以下のものを入力として受け取る。

- ・燃料電池システム内の燃料電池の実際の平均温度 (Mean T X 03 __ Sys) 910 ;
- ・水が蒸発するのに十分な熱が燃料電池システム内に存在する予め設定された温度 (Stack Evaporation Temp) 912 ;
- ・総システム電流制限 (Gross System Current Limit) 914 (図8を参照して先に説明した論理構成によって計算されたものなど) ;
- ・送風機で消費される電力など、システム上の現行の寄生負荷の測定値 (Parasitic Loads __ Sys) 916 ;
- ・燃料電池システムが、図3を参照して先に説明した対応するMaximum Current Limit値に類似し得る、寿命の開始時に生成すると予想される理論的電流値 (Max Current Limit) 918 ;
- ・始動の直後またはブローダウン手順の間 (ファンがスタックから水を除去するために使用される場合) など、冷たい燃料電池システムから引き出され得る理論上の最大電流 (Cold Stack Max Current) 922 ;
- ・ブローダウン中に冷たい燃料電池システムから引き出される理論上の最大電流 (Blowdown Stack Max Current) 924 ;
- ・ブローダウン手順が進行中であることを示すブローダウントリガ (Action __ Blowdown) 926 ;
- ・燃料電池システムが負荷に接続されているかどうかを示す、メイン出力コンタクトの状態 (HVRL 02 __ Demand) 928 ;
- ・シャットダウンが一時停止されたかどうかの表示 (Status __ Shutdown Paused) 930、この場合、ロード要求がない

【0065】

論理装置900は、第1のマルチセクタ904、第2のマルチセクタ906、第3のマルチセクタ908、および第4のマルチセクタ910を備える。各マルチセクタ904、906、908、910は、第1の入力、第2の入力、出力およびその第1および第2の入力のいずれが出力に接続されているかを選択するための選択入力を有する。

【0066】

減算ユニット932は、Parasitic Loads __ Sys 916をMax Current Limit 918から減算し、その差を第1の入力として第1のマルチセクタ904に供給する。Gross System Current Limit 914は、第1のマルチセクタ904の第2の入力として供給される。

【0067】

加算ユニット934はParasitic Loads __ Sys 916をMax Current Limit 918に加え、その和を第1の比較器936の入力として供給する。Max Current Limit 918は、第1の比較器936の第2の入力として供給される。第1の比較器936の出力は、第1のマルチセクタ904の選択入力に供給される。

【0068】

第1のマルチセクタ904の出力は、第2のマルチセクタ906の第1の入力として供給される。第1の比較ユニット938は、Gross System Current Limit 914とCold Stack Max Current 922とを比較し、これら2

10

20

30

40

50

つの値のうちの低い方を第2のマルチセクタ906の第2の入力として供給する。第2の比較器940は、MeanTX03_Sys910をColdStackMaxCurrent922と比較し、比較に応じて第2のマルチセクタ906の選択入力を供給する。

【0069】

第2のマルチセクタ906の出力は、第3のマルチセクタ908の第1の入力として供給される。ブローダウンスタック電流924は、第3のマルチセクタ908の第2の入力として供給される。

【0070】

第3のマルチセクタ906の出力は、第4のマルチセクタ910の第1の入力として供給される。ゼロ値が、第2の入力として、第4のマルチセクタ910に供給される。

10

【0071】

NOTゲート942は、Status_ShutdownPause930にNOT演算を適用する。ANDゲート944は、NOTゲート942によって供給される、反転されたStatus_ShutdownPaused930と、HVRL02_Demand928とに対してAND演算を実行する。HVRL02_demand928は、NetSystemCurrentLimit902が"0"であるべきかどうかを決定するのに利用される。コンタクトが開いていれば、電流は流れない。ANDゲート944は、AND演算に従って、第4のマルチセクタ910の選択入力を制御する。第4のマルチセクタ910の出力は、NetSystemCurrentLimit902を供給する。このようにして、NetSystemCurrentLimit902は、いくつかのシステム状態に依存して決定される。

20

【0072】

システムが一時停止状態にあり、ハイスайдコンタクトが接続されていない場合、システムは外部負荷から切り離される。この場合、システムから電流を引き出すことができないため、電流制限は0Aである。さもなければ、限界は論理装置900における前の段階から決定される。

【0073】

システムがブローダウン状態にある場合、電流制限はブローダウンで許容される最大電流に設定される。

30

【0074】

そうでなければ、NetSystemCurrentLimit902は、論理装置900の前の段階で決定される。これらの段階における電流制限は、コア温度が燃料電池システム内で発生した水の蒸発を維持するのに十分であることを確認することによって決定される。温度が十分である場合、NetSystemCurrentLimit902は最大電流制限から寄生電流を差し引いた値に設定される。温度が十分でない場合、NetSystemCurrentLimit902は、GrossSystemCurrentLimit914およびColdStackMaxCurrent922の最低値に設定される。

40

【0075】

計算されたNetSystemCurrentLimit902が、システムによって提示される寄生負荷と共に、MaxCurrentLimitを超える場合、NetSystemCurrentLimit902は、寄生負荷に対応するように低減される。

【符号の説明】

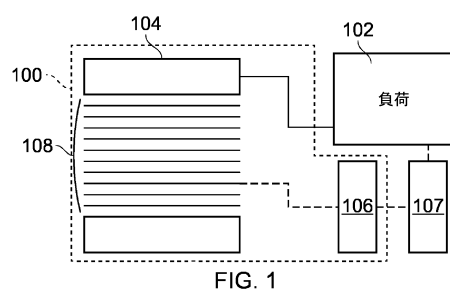
【0076】

- 100 燃料電池システム
- 102 外部電気負荷
- 104 燃料電池スタック
- 106 限界計算機

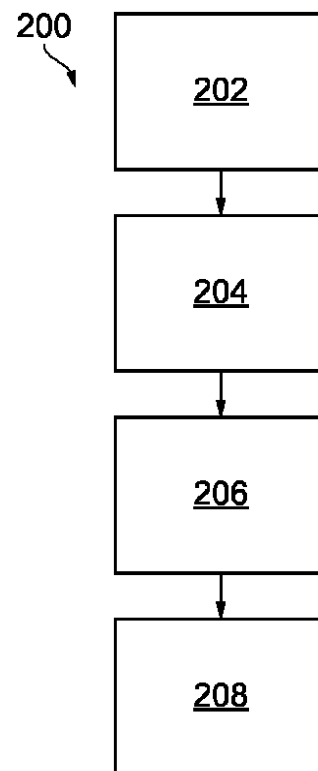
50

- 1 0 7 負荷コントローラ
- 1 0 8 燃料電池

【図 1】



【図 2】



【図 3】

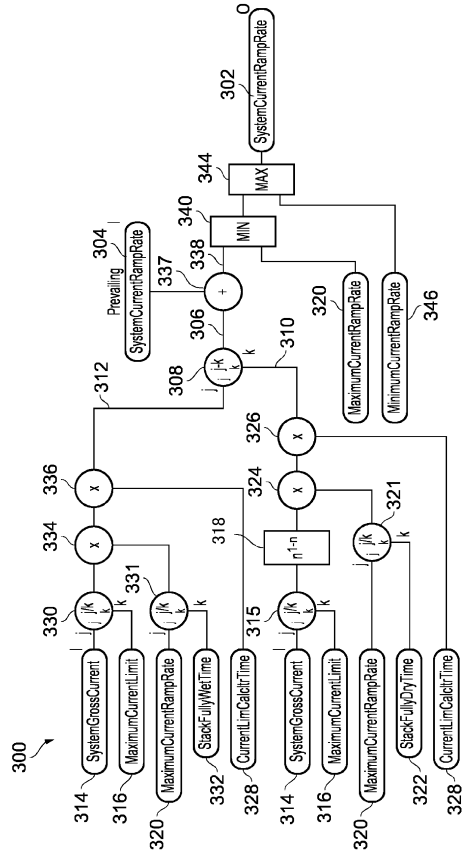


FIG. 3

【図 4】

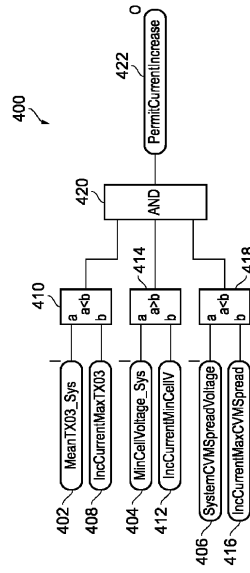


FIG. 4

【図 5】

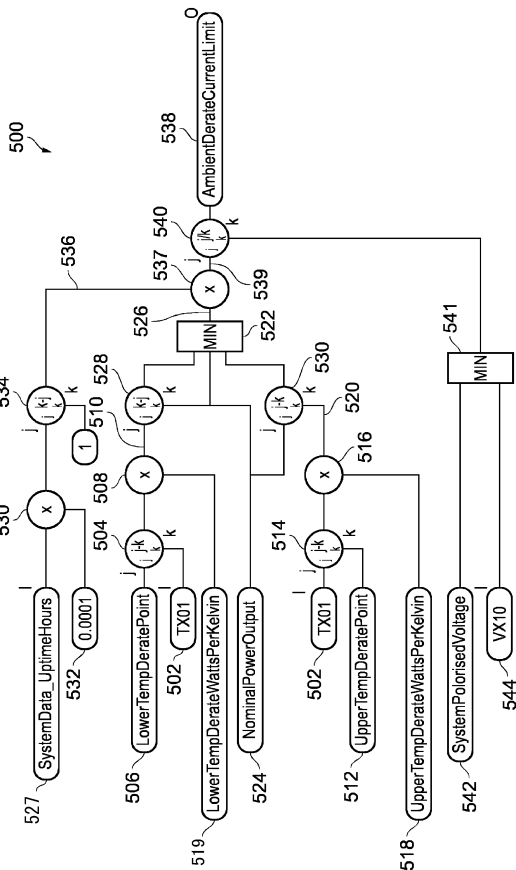


FIG. 5

【図 6】

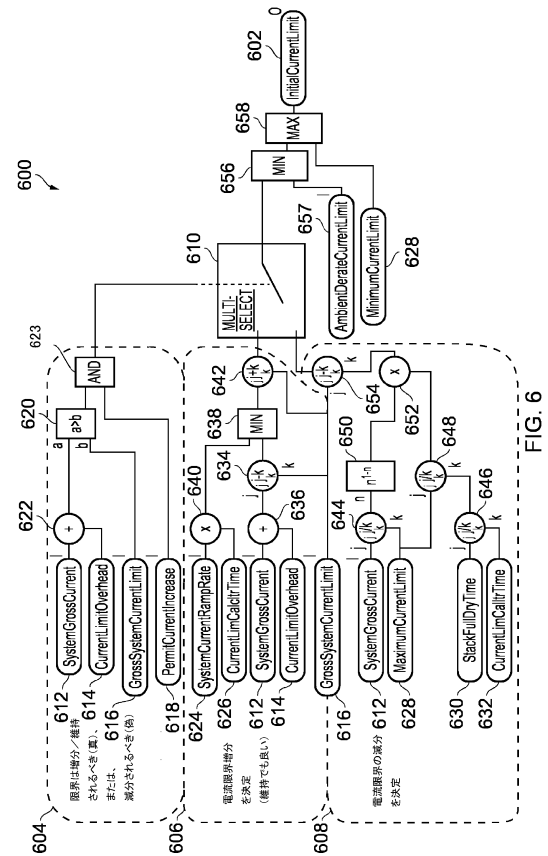


FIG. 6

【図 7】

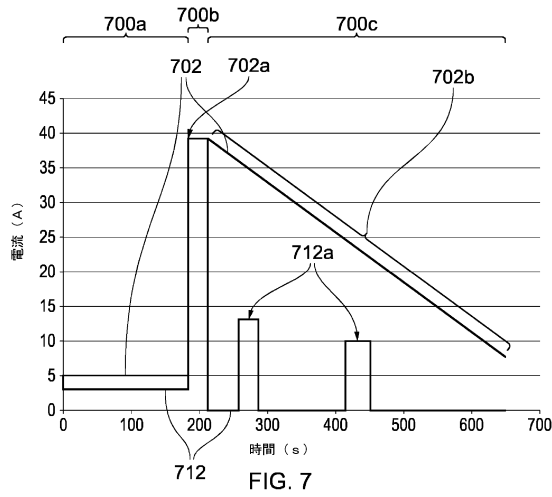


FIG. 7

【図 8】

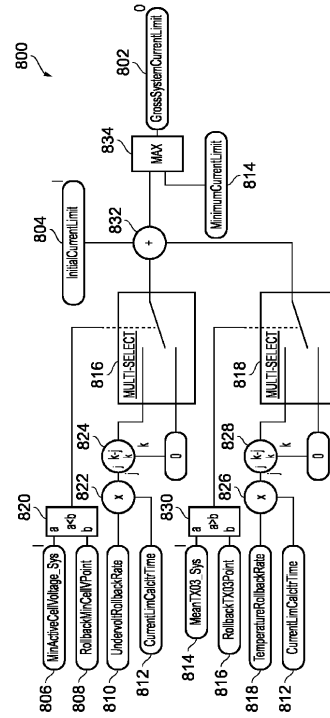


FIG. 8

【図 9】

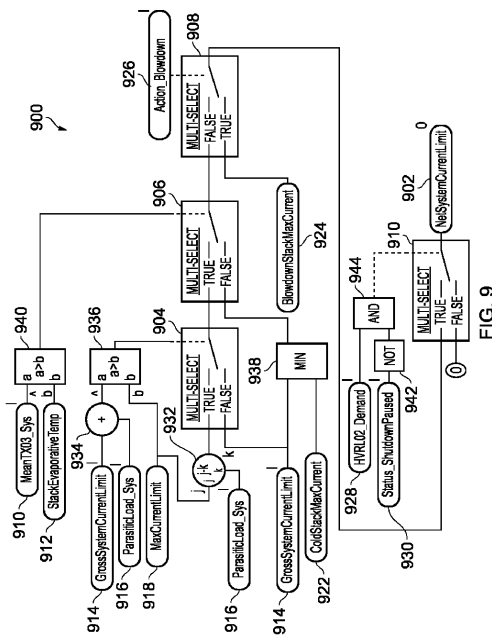


FIG. 9

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/04298 (2016.01) H 0 1 M 8/04298

(74)代理人 100095496
弁理士 佐々木 榮二

(72)発明者 ボウマン、ジェレミ
イギリス国、 L E 1 1 3 G B レスターシャー、ラフバラー、アシュビー ロード、ホリウェ
ル パーク、チャーンウッド ビルディング、インテリジェント エナジー リミテッド

審査官 西井 香織

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 0 / 0 5 3 0 2 7 (W O , A 1)
特開平 0 7 - 0 5 7 7 5 3 (J P , A)

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