

明 細 書

発明の名称：組込装置及び、組込装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、原料水を電気分解することによって殺菌水等に用いる電解水を製造するための電解槽と、当該電解槽に対して電力を供給する電力制御装置と、を組込んだ組込装置及び、組込装置の制御方法に関する。本願は、2014年11月11日に、日本に出願された特願2014-228806号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、電解槽、及び電力制御装置は単体の装置（電気分解モジュール）として市場に流通していたが、既存の装置やシステムへの組込み、例えば、洗濯機、空調機、食器洗浄機、介護用ユニットバスなど殺菌水を必要とする装置（組込装置）への組込みが注目されている。

[0003] 電解槽における電気分解の場合、連続運転時の電解槽の発熱の問題があり、白金やイリジウム等の焼成電極板では、温度が60℃を超えるとコーティングの剥離がおきて、電極に寿命が著しく低下する。これまで、電解槽の冷却には、特許文献1に記載の電解槽のように電解槽の外側に冷却水が通水される冷却ジャケットが設けられた例がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3986820号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、冷却水が極端に冷たかったり、温水であったり、または外気温によって変化する場合など、電解槽の温度の制御を一定に維持するのは困難であり、安定した電気分解を行えないばかりか、かえって電極の寿命を短くする可能性があった。このような場合、温度を測定し、冷却手段を講じ

る必要があるが、電解槽の中心温度は測定が困難であり、また、電解槽の温度を一定に保ち温度上昇を生じさせないようにするには複雑なシステムを組む必要があった。

[0006] また、電解槽が組込装置に組込まれている場合、組込装置の内側であって電解槽の外側の部分での温度（環境温度）が、組込装置の発熱によっても決まってしまうため、環境温度によって電解槽の温度上昇が生じてしまう可能性があった。

[0007] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、電解槽と電解槽の温度上昇を抑えて電極の寿命が短くなることを抑制できる電力制御装置とを組込んだ組込装置、及び組込装置の制御方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために、本発明の組込装置は、陽極と陰極との間に通電される電流によって原料水を電気分解して電解水を製造するための電解槽と、前記電解槽に対して、入力される直流電力に基づいて、電解電流を供給する電力制御装置と、を組込んだ組込装置であって、前記電力制御装置は、定電流制御モードにおいて、前記電解電流が、前記電解槽を構成する単位セルの定格電流に応じて予め設定される基準電流の電流値を超えないように制御しながら前記電解電流を前記電解槽へ供給する電圧電流制御回路と、前記組込装置の内側の温度であって前記電解槽の外側の環境温度を検出する温度検出部と、を備え、前記電圧電流制御回路は、前記温度検出部の検出温度が、予め設定される定格温度範囲外になると、前記電解電流の供給を停止し、前記温度検出部の検出温度が、前記定格温度範囲内に戻ると、前記電解電流の供給を再開する。

[0009] また、本発明の組込装置は、前記電力制御装置は、前記電圧電流制御回路の出力端子に接続され、自身の両端間に生じる電圧を検出する電流検出部と、前記基準電流を生成する電流制限部と、をさらに備え、前記電圧電流制御回路は、前記電流検出部の両端間電圧と前記電流検出部の抵抗値とから前記電解槽に流れる前記電解電流を算出する電圧電流検出回路と、前記電解電流

と前記電流制限部によって生成される前記基準電流とを比較し、比較結果を表す電流比較結果信号を出力するコンパレータ回路と、前記電流比較結果信号に基づいて、前記電解電流が前記基準電流を超えないように制御しながら前記出力端子から前記電解電流を前記電解槽へ供給する電圧制御回路と、を有する。

[0010] また、本発明の組込装置は、前記電力制御装置は、前記電解電流の電流値を示すアナログデータを、外部へ出力する電圧電流モニタ回路を、さらに備える。

[0011] また、本発明の組込装置の制御方法は、陽極と陰極との間に通電される電流によって原料水を電気分解して電解水を製造するための電解槽と、前記電解槽に対して、入力される直流電力に基づいて、電解電流を供給する電力制御装置と、を組込んだ組込装置であって、前記電力制御装置は、定電流制御モードにおいて、前記電解電流が、前記電解槽を構成する単位セルの定格電流に応じて予め設定される基準電流の電流値を超えないように制御しながら前記電解電流を前記電解槽へ供給する電圧電流制御回路と、前記組込装置の内側の温度であって前記電解槽の外側の環境温度を検出する温度検出部と、を備えた組込装置の制御方法において、前記電圧電流制御回路は、前記温度検出部の検出温度が、予め設定される定格温度範囲外になると、前記電解電流の供給を停止し、前記温度検出部の検出温度が、前記定格温度範囲内に戻ると、前記電解電流の供給を再開する。

発明の効果

[0012] 本発明の組込装置に組込まれる電力制御装置において、電圧電流制御回路は、環境温度が予め設定される定格温度範囲外になると、電解電流の供給を停止し、環境温度が定格温度範囲内に戻ると、電解電流の供給を再開する。これにより、電解槽の温度を測ることなく、電解槽の温度上昇を抑えることができる。そのため、本発明によれば、電解槽と電解槽の温度上昇を抑えて電極の寿命が短くなることを抑制できる電力制御装置とを組込んだ組込装置、及び組込装置の制御方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本実施形態に係る電解槽定電圧定電流電源回路10の概略構成を示す図である。

[図2]図1に示すスイッチングCVC電源回路20の概略構成を示す図である。

[図3]電解槽定電圧定電流電源回路10による制御を説明するための図である。

[図4]図3に示す定電流制御から定電圧制御への切り替わり部分を拡大した図である。

[図5]電解槽と定電流制御基板とを組込んだ組込装置100の構成を示す図である。

[図6]環境温度が30℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図7]環境温度が35℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図8]環境温度が40℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図9]環境温度が42.5℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図10]環境温度が45℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図11]環境温度が47.5℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図12]環境温度が50℃における電流値の時間変化を示す図である。

[図13]環境温度に対する平均電流値、有効塩素濃度、及び電解槽温度の変化を示す図である。

[図14]平均電流値と有効塩素濃度との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。

通常、定電圧電気分解では、電源から一定電圧を被電解液が充填された電解槽に印加すると、電解初期に大きな電流が流れ、次第に電流が減衰する。そのため、一定の電流に保つためには、被電解液の濃度調整が必要となる。一方、通常、定電流電気分解では、被電解液の濃度調整による電圧調整、或いは電源自体のオン（ON）またはオフ（OFF）制御により電流を調整し

ている。

[0015] これに対して、本発明の実施形態による電力制御装置を利用した電気分解は、詳細は後述するが、定電流・定電圧電気分解方式で行っている。この方式では、電解電圧の低い(電流が設定値を超え電圧降下が起きる)ときには、電流を一定に制限し、電解電圧が設定電圧になった以降は、最大電解電圧で電気分解する方式である。

なお、最大電解電圧(定格電圧)は、電解槽の設計(セル構成)により、1セルあたり2.0V(1.5~2.5V)に設計することが望ましい。また、最大電解電流(定格電流)は、電極の触媒能に応じた電極面積あたりの電流値(電流密度)に設計するのが望ましい。しかし、これらの定格電流、及び定格電圧に限られることなく、電力制御装置は、電解槽のセル構成に係らず、定電流・定電圧電気分解を行うことが可能である。

[0016] 以下、まず、図1、及び図2を参照しつつ、電解槽定電圧定電流電源回路10(電力制御装置)の構成について説明する。図1は、本実施形態に係る電解槽定電圧定電流電源回路10の概略構成を示す図である。また、図2は、図1に示すスイッチングCVCC(Constant Voltage Constant Current; 定電圧定電流)電源回路20(電圧電流制御回路)の概略構成を示す図である。

電解槽定電圧定電流電源回路10は、スイッチングCVCC電源回路20、電流検出抵抗30(電流検出部)、電流制限抵抗40(電流制限部)、電圧分割抵抗50(電圧分割部)、電流制限切替回路60、及びサーミスタ抵抗器70(温度検出部)を含んでいる。

[0017] スwitchングCVCC電源回路20は、個々の電源に定められた範囲内において、詳細は後述する、予め設定した基準電圧値・基準電流値の範囲内で負荷状態(電解槽1内の被電解液の濃度)に応じて自動的に定電圧或いは定電流動作を電解槽1に対して行う。そのため、スイッチングCVCC電源回路20は、図1に示す各回路、及び電解槽1と接続するための端子としての1番ピン20__1~19番ピン20__19を備えている。また、スイッチング

C V C C 電源回路 20 は、図 2 に示すように、電圧電流制御回路 21、電圧電流モニタ回路 25 を含んでいる。このうち、電圧電流制御回路 21 は、電圧制御回路 22、電圧電流検出回路 23、及びアンプ・コンパレータ回路 24（以下単に、コンパレータ回路と称する）を含んでいる。コンパレータ回路 24 は、入力された信号を増幅する機能を有する。

[0018] 1 番ピン 20__1 は、図 1 に示すように、電流検出抵抗 30 を介して、電解槽 1 の陽極 1 a に接続される。また、1 番ピン 20__1 は、図 2 に示す電圧制御回路 22 の 1 番ピン 22__1 に接続される。

スイッチング C V C C 電源回路 20 の電圧制御回路 22 は、1 番ピン 20__1 から電解槽 1 の陽極 1 a に電力（電解電圧、電解電流）を供給する回路である。電圧制御回路 22 は、後述するように、定電流モードでは基準電流値を超えないように（即ち、定電流により）、また定電圧モードでは基準電圧値を超えないように（即ち、定電圧により）、電解槽 1 に対して電力の供給を行う。

[0019] 2 番ピン 20__2 は、図 1 に示すように、電流検出抵抗 30（自身の両端間の抵抗値を抵抗値 R_s とする）の一端に接続されるとともに、図 2 に示す電圧電流検出回路 23 の 1 番ピン 23__1 に接続される。

また、3 番ピン 20__3 は、電流検出抵抗 30 の他端に接続されるとともに、図 2 に示す電圧電流検出回路 23 の 2 番ピン 23__2 に接続される。

ここで、電圧電流検出回路 23 は、電流検出抵抗 30 の両端間に生じる電圧（自身の両端間電圧）を、電解槽 1 を流れる電解電流の電流値に変換し（両端間電圧と抵抗値 R_s とから算出し）、変換後の電流値を 3 番ピン 23__3 からコンパレータ回路 24 の 1 番ピン 24__1 に対して出力する。

[0020] 4 番ピン 20__4 は、図 1 に示すように、電解槽 1 の陰極 1 b に接続される。また、4 番ピン 20__4 は、GND（グランド）端子であり、接地される。また、図 2 に示すように、4 番ピン 20__4 に接続される 13 番ピン 20__13 は、4 番ピン 20__4 と同じく、GND（グランド）端子であり、0 V に接続される。

5 番ピン 20__5 は、電解槽 1 の陽極 1 a に接続される。また、5 番ピン 20__5 は、図 2 に示す電圧電流モニタ回路 25 の 1 番ピン 25__1 に接続される。電圧電流モニタ回路 25 は、一つの機能として、電解槽 1 に印加される電圧（電解電圧）の電圧値を示すアナログデータを外部へ出力する。

[0021] 電流制限抵抗 40 は、図 1 に示すように、電流制限抵抗 40 a（抵抗値 R_{P1} とする）と電流制限抵抗 40 b（抵抗値 R_{P2} とする）との直列抵抗から構成される。

6 番ピン 20__6 は、電流制限抵抗 40 a の一端に接続される。また、6 番ピン 20__6 は、コンパレータ回路 24 の 2 番ピン 24__2 に接続される。

7 番ピン 20__7 は、電流制限抵抗 40 a の他端と電流制限抵抗 40 b の一端との共通接続点に接続される。7 番ピン 20__7 は、図 1、及び図 2 に示すように、14 番ピン 20__14 を介して電流制限切替回路 60 の 1 番ピン 60__1 に接続される。

8 番ピン 20__8 は、電流制限抵抗 40 b の他端と接続される。また、8 番ピン 20__8 は、コンパレータ回路 24 の 3 番ピン 24__3 に接続される。

[0022] ここで、電流制限抵抗 40 は、電解槽 1 に流れる電流を決定する抵抗である。ここで、6 番ピン 20__6 と 7 番ピン 20__7 との間に設定される抵抗（抵抗値 R_{prog} とする）と電解電流 $I_{electrolytic}$ との関係は、コンパレータ回路 24 が有する、例えば、電流誤差アンプの電流比較用基準電圧 V_{ref} 、電流検出抵抗 30 の抵抗値 R_s を用いて、下記式（1）に示す設定電流式により表される。

$$\text{式 (1) } R_{prog} = V_{ref} (V) \times \text{定数 } k / (R_s (m\Omega) \times I_{electrolytic})$$

これより、電流制限抵抗 40 の各抵抗値 R_{P1} 、 R_{P2} は、電解電流との比較に用いる基準電圧（以下、電流比較用基準電圧とする）と、電解槽 1 に流したい電流値（それぞれ高側基準電流値、低側基準電流値とする）と、コ

ンパレータ回路24の内部オフセット電圧とを用いて、下記式(2)及び(3)に基づいて設定される。

式(2) $RP1 = (\text{電流比較用基準電圧} \times \text{定数 } k) / (R_s \times \text{高側基準電流} + \text{内部オフセット電圧})$

式(3) $RP1 + RP2 = (\text{電流比較用基準電圧} \times \text{定数 } k) / (R_s \times \text{低側基準電流} + \text{内部オフセット電圧})$

なお、高側基準電流は、電解槽1に供給する電解電流の上限値であり、低側基準電流は、電解槽1に供給する電解電流の下限値（高側基準電流より電流値が小さく、0よりも大きい電流値）である。また、これらの各基準電流は、コンパレータ回路24の2番ピン24__2と3番ピン24__3との間を流れる電流である。

[0023] 上記各基準電流の切り替えは、電流制限切替回路60により制御される。電流制限切替回路60においては、図1、及び図2に示すように、1番ピン60__1が、スイッチングCVCC電源回路20の14番ピン20__14、及び7番ピン20__7を介して、電流制限抵抗40aの他端と電流制限抵抗40bの一端との共通接続点に接続される。また、2番ピン60__2は、スイッチングCVCC電源回路20の13番ピン20__13を介して、0Vに接続される。また、3番ピン60__3には、ON/OFF制御信号（デューティ比が制御されたパルス信号）が外部から入力される。電流制限切替回路60は、ON/OFF制御信号のオン状態（パルス信号がHレベルの状態）に応じて、電流制限抵抗40に上述の高側基準電流を生成させる制御を行う。また、電流制限切替回路60は、ON/OFF制御信号のオフ状態（パルス信号がLレベルの状態）に応じて、電流制限抵抗40に上述の低側基準電流を生成させる制御を行う。

[0024] 電圧分割抵抗50は、図1に示すように、電圧分割抵抗50a（抵抗値R1とする）と電圧分割抵抗50b（抵抗値R2とする）との直列抵抗から構成される。

9番ピン20__9は、電圧分割抵抗50aの一端に接続される。また、9

番ピン 20__9 は、例えば 1 番ピン 20__1 に接続され、電解槽 1 に印加される電解電圧（モニタ電圧 V_{moni} ；検出電圧）が入力される。また、9 番ピン 20__9 は、図 2 に示すコンパレータ回路 24 の 4 番ピン 24__4 に接続される。

10 番ピン 20__10 は、電圧分割抵抗 50 a の他端と電圧分割抵抗 50 b の一端との共通接続点に接続される。この共通接続点は、10 番ピン 20__10 を介して、コンパレータ回路 24 の 5 番ピン 24__5 に接続される。この共通接続点に発生する分圧電圧を、以下ではフィードバック電圧 V_{FB} と称する。

11 番ピン 20__11 は、電圧分割抵抗 50 b の他端と接続される。また、11 番ピン 20__11 は、GND 端子であり、0 V に接続される。11 番ピン 20__11 は、コンパレータ回路 24 の 6 番ピン 24__6 に接続される。

[0025] ここで、電圧分割抵抗 50 は、電解槽 1 に印加される最大電圧を決定する抵抗である。

電圧分割抵抗 50 の各抵抗値 R_1 、 R_2 は、コンパレータ回路 24 が有する、例えば帰還誤差アンプにおいて、電解電圧との比較に用いる基準電圧（電圧比較用基準電圧とする）と、電解槽 1 にそれ以上は印加したくない電圧値（電解槽の最大電圧値とする）とを用いて、下記式（4）に基づいて設定される。

式（4） 電解槽の最大電圧値＝電圧比較用基準電圧×（1＋ R_1/R_2 ）

つまり、電圧分割抵抗 50 は、9 番ピン 20__9 において、1 番ピン 20__1（制御端子）の電圧をモニタ電圧 V_{moni} として検出する。電圧分割抵抗 50 は、この検出したモニタ電圧 V_{moni} を分圧することによりフィードバック電圧 V_{FB} を、10 番ピン 20__10 に発生させる。電圧分割抵抗 50 は、フィードバック電圧 V_{FB} をコンパレータ回路 24 の 5 番ピン 24__5 に対して出力する。コンパレータ回路 24 は、このフィードバック電

圧VFBが入力され、フィードバック電圧VFBと上記の電圧比較用基準電圧とを比較する。

[0026] 図1に戻って、12番ピン20__12、及び13番ピン20__13は、それぞれ電解槽定電圧定電流電源回路10の外部にある直流電源（図1において不図示）の正極端子、及び負極端子に接続され、DC電力が入力される。この入力される入力電力（電圧、及び電流）は、電解槽1の定格、即ち電解槽1を構成するセルの定格電流、定格電圧、及び個数に応じて設定される。例えば、本実施形態では、電解槽1を構成するセルの1セル当たりの定格電圧が、例えば1.5Vから2.5Vの間の値である2Vとして、それにセルの個数を乗じた値が入力電圧として設定される。なお、定格電圧の値は、上記値の幅に限定されるものでなく、1セル当りの理論上の電解電圧と、過電圧と、溶液抵抗による電圧降下分との合計の値となる。

[0027] 15番ピン20__15～17番ピン20__17は、それぞれ電解槽電圧モニタ、電解槽電流モニタ、電流検出信号を、外部の制御装置に出力するための端子である。

これら15番ピン20__15～17番ピン20__17は、図2に示すように電圧電流モニタ回路25の出力端子である3番ピン25__3～5番ピン25__5にそれぞれ接続される。

電圧電流モニタ回路25において、1番ピン25__1は、上述のようにスイッチングCVCC電源回路20の5番ピン20__5に接続される。また、2番ピン25__2は、コンパレータ回路24の8番ピン24__8に接続される。

[0028] 電圧電流モニタ回路25は、電解槽1に印加されている電圧を示すアナログデータを、3番ピン25__3からスイッチングCVCC電源回路20の15番ピン20__15を介して、外部へ出力する。

また、電圧電流モニタ回路25は、コンパレータ回路24から入力される電解槽に流れる電流（電圧電流検出回路23による変換後の電流）を示すアナログデータを、4番ピン25__4からスイッチングCVCC電源回路20

の16番ピン20__16を介して、外部へ出力する。

また、電圧電流モニタ回路25は、コンパレータ回路24から入力される比較結果（電圧電流検出回路23による変換後の電流が上記高側基準電流を下回っているとの結果）に基づいて、スイッチングCVC電源回路20が定電流を電解槽1に供給していないことを示す電流検出信号を、5番ピン25__5からスイッチングCVC電源回路20の17番ピン20__17を介して、外部へ出力する。なお、この電流検出信号の形式は、異常を示す場合に接点（ピン）をONする（例えばHレベルとする）形式であってもよく、また、フェールセーフの観点から通常時にHレベルにし、異常時にLレベルとする形式であってもよい。

[0029] 図1に戻って、18番ピン20__18、及び19番ピン20__19は、それぞれサーミスタ抵抗器70の両端に接続される。サーミスタ抵抗器の70の他端は、19番ピン20__19を介して、コンパレータ回路24の6番ピン24__6と接続され、11番ピン20__11と同様に接地される。一方、サーミスタ抵抗器70の一端は、18番ピン20__18を介して、コンパレータ回路24の7番ピン24__7と接続される。

コンパレータ回路24は、サーミスタ抵抗器70で検出する温度（検出温度）が、電解槽1の予め設定される定格温度の範囲外になると、電気分解を一時停止することを指示する制御信号を電圧制御回路22に対して出力する。電圧制御回路22は、この制御信号が入力されると電解槽1への電圧供給を停止し、電解槽1は電気分解を停止する。また、コンパレータ回路24は、サーミスタ抵抗器70の検出温度が、定格温度の範囲内に戻ると、電気分解を再開することを指示する制御信号を電圧制御回路22に対して出力する。電圧制御回路22は、この制御信号が入力されると電解槽1への電圧供給を再開し、電解槽1は自動的に電気分解を開始する。

[0030] 図2に示すコンパレータ回路24は、上述のように、8つの入力端子である1番ピン24__1～8番ピン24__8、及び出力端子である9番ピン24__9を有している。

コンパレータ回路 24 は、1 番ピン 24 __ 1 に入力される電圧電流検出回路 23 による変換後の電流（電解電流）と、1 番ピン 24 __ 1 と 3 番ピン 24 __ 3 との間に流れる電流（電流制限抵抗 40 に流れる高側基準電流、及び低側基準電流）とを比較し、比較結果を表す電流比較結果信号を 9 番ピン 24 __ 9 から出力する。

また、コンパレータ回路 24 は、5 番ピン 24 __ 5 に入力されるフィードバック電圧 VFB と電圧比較用基準電圧（予め設定される基準電圧）とを比較し、比較結果を表す電圧比較結果信号を 9 番ピン 24 __ 9 から出力する。

[0031] 電圧制御回路 22 は、上述の入力端子である 3 番ピン 22 __ 3、及び 4 番ピン 22 __ 4 と、出力端子である 1 番ピン 22 __ 1 と、コンパレータ回路 24 の 9 番ピン 24 __ 9 と接続される、入力端子である 2 番ピン 22 __ 2 とを有している。

電圧制御回路 22 は、2 番ピン 22 __ 2 から入力される電流比較結果信号に基づいて、電圧電流検出回路 23 による変換後の電流（電解電流）が高側基準電流を超えないように、1 番ピン 22 __ 1 からスイッチング CVC 電源回路 20 の 1 番ピン 20 __ 1 を介して、電解電流を電解槽 1 へ供給する。即ち、電圧制御回路 22 は、定電流を電解槽 1 に供給する。また、電圧制御回路 22 は、電流比較結果信号に基づいて、電解電流が低側基準電流を下回らないように、1 番ピン 22 __ 1 からスイッチング CVC 電源回路 20 の 1 番ピン 20 __ 1 を介して、電解電流を電解槽 1 へ供給する。

[0032] また、電圧制御回路 22 は、電圧比較結果信号に基づいて、フィードバック電圧 VFB が基準電圧を超えないように、電解電圧を電解槽 1 へ供給する。即ち、電解槽 1 に印加される電圧が最大電解電圧を超えないように、定電圧を電解槽 1 に印加する。

[0033] 電解槽定電圧定電流電源回路 10（電力制御装置）は、上述した回路構成を有している。そのため、電解槽 1 における被電解液の濃度の変化に応じて、定電流制御モードと定電圧制御モードとを切り替えて、電解槽 1 に印加電圧を供給することができる。以下、定電流制御モードと定電圧制御モードと

について説明する。

(定電流制御モード)

電解槽 1 における電解電流の制御は、電流検出抵抗 30 によって検出された電解電流が、設定された最大電解電流（高側基準電流）を超えないように制御して、行われる。例えば、被電解液が充填された電解槽 1 に、スイッチング C V C C 回路 20 の 1 番ピン 20__1 から出力電圧 V_{out} を印加すると、電流検出抵抗 30 が、電解槽 1 への出力電流を感知する。電流検出抵抗（センス抵抗）は、両端の電圧を測定し、例えば電圧電流検出回路 23 における電流アンプで電圧を電流信号に変換し、その電流信号をコンパレータ回路 24 に対して出力する。

[0034] 例えばコンパレータ回路 24 にある電流誤差アンプは、この電流信号を電流制限抵抗 40（プログラミング可能な抵抗）に設定される基準電流と比較して、電圧制御回路 22 の 2 番ピン 22__2 に出力電流の修正を指示する信号（比較結果信号）を出力する。なお、上述の通り、低側基準電流と高側基準電流とがあるため、電圧制御回路 22 は、パルス信号（ON/OFF 制御信号）のオン状態及びオフ状態に対応するようにパルス幅変調された出力電圧信号（出力電圧 V_{out} ）を 1 番ピン 20__1（制御端子）から出力する機能を含む。

[0035] (定電圧制御モード)

電解槽 1 において被電解液の濃度が薄くなると、定電流を維持するために電圧が上昇する。最大電解電圧に到達すると、上述のように電圧レギュレート機能が働き、定電圧の制御に切替える。最大電解電圧レベルは、コンパレータ回路 24 に予め設定された電圧比較用基準電圧と、コンパレータ回路 24 にある、例えば帰還誤差アンプの入力との間に設けられる電圧分割抵抗 50（帰還抵抗分割）を使い、設定されている。この電圧分割抵抗 50 のフィードバック電圧 V_{FB} は、上述のようにコンパレータ回路 24 内の電圧帰還誤差アンプによって、基準電圧と比較され、電圧制御回路 22 の 1 番ピン 20__1 からの出力電圧を制御する。

[0036] (実施形態の説明)

続いて、電解槽 1 における被電解液の濃度の変化に応じて、定電流制御モードと定電圧制御モードとを切り替えて電解槽 1 に印加電圧を供給する電解槽定電圧定電流電源回路 10 の動作について、図 3、及び図 4 を参照して説明する。図 3 は、電解槽定電圧定電流電源回路 10 による制御を説明するための図である。また、図 4 は、図 3 に示す定電流制御から定電圧制御への切り替わり部分を拡大した図である。なお、図 3 と図 4 においては、横軸の時間が異なるが、これらの図は、異なる日時において行った、同一条件での制御を示している。

図 3 は、本発明の一実施形態による電解槽定電圧定電流電源回路 10 を用いた電解槽 1 における電気分解を示している。図 3 に示すグラフは、横軸を時間とし、左の縦軸に電解電流（電解電流）、右の縦軸に電解槽の電圧をプロットしたものである。

図 3 では、時間に応じた電解槽の電圧変化を上段に示し、電解槽への電流変化を下段に示している。この図 3 に示す例は、被電解液として塩酸が充填された電解槽 1 を電気分解する電解サイクルを示している。なお、電解槽 1 に充填される被電解液は、塩酸に限らない。

電解槽 1 においては、定電流制御($\Delta t 1$)の領域と定電圧制御($\Delta t 2$)の領域の 2 種類の制御で塩酸が電気分解される。

なお、図 3 に示す例では、電解槽 1 のセル数は 12 セルで、回路の最大電流値が 2.94 A に、最大電圧が 24 V になるように設計されている。電解槽 1 に塩酸が過剰に充填されていると、通常、突入電流(過電流)が発生するが、上述した定電流制御により一定の電流に維持できるため、突入電流を防止することができる。

[0037] 図 3 を参照して、電解槽 1 の電圧が最大値に達すると（図 3 では 480 sec 頃）、電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、定電流制御から定電圧制御に移行する。このように、自動的に電解槽 1 に一定電圧（上述の予め設定された電圧比較用基準電圧）を供給するようになる。電解槽定電圧定電流電源

回路 10 が定電圧制御になると、電解槽 1 への電流は、電気分解の進行により塩酸の濃度が減少するので、 Δt_2 の領域に示すように次第に減少する。

このとき、電解槽 1 がバッチ式の電解槽であれば、最小閾値の電流に達した後に、17 番ピン 20__17 から出力される電流検出信号を利用して、電気分解の終了を示すことができ、電気分解のサイクルを終えることが可能である。

[0038] 一方、電気分解のサイクルを終えずに電流検出信号を電解槽 1 に塩酸を供給する塩酸ポンプの稼動信号として、定電圧時に電解槽 1 に塩酸を供給すれば、電流が電解電流値まで上昇し、再び定電流制御に移行する。この定電流制御と定電圧制御とのサイクルを繰返すことにより連続式電気分解を行うことが可能となる(図 4 に示す ΔA の範囲)。

また、電解槽 1 の電圧が増加するとき(図 4 に示す ΔV の範囲)、電流が一定に保たれる。そのことを利用して、適量の塩酸を電解槽 1 に供給することにより、定電流の連続式電気分解を行うことも可能である。

[0039] このように、本発明の実施形態の電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、陽極 1a と陰極 1b との間に通電される電流によって原料水を電気分解して電解水を製造するための電解槽 1 に対して、入力される直流電力に基づいて、電解電圧、及び電解電流を供給する電力制御装置である。電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、電解電流が、電流比較用基準電流(電解槽 1 を構成する単位セルの定格電流に応じて予め設定される基準電流)の電流値を超えないように制御して、電解電流を電解槽 1 に供給する定電流制御モードを有する。また、電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、電解電圧が、電圧比較用基準電圧(電解槽 1 を構成する単位セルの定格電圧、及び個数に応じて予め設定される基準電圧)の電圧値を超えないように制御して、電解電圧を電解槽に供給する定電圧制御モードを有する。そして、電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、電解槽内の被電解液の濃度に応じて、定電流制御モードと定電圧制御モードとを切り替えて電解槽 1 に対して通電する。

[0040] 本発明の実施形態の電解槽定電圧定電流電源回路 10 によれば、電流比較

用基準電圧、及び電圧比較用基準電圧（電解槽 1 を構成する単位セルの定格電流、定格電圧、及び個数に応じて予め設定される基準値）に基づいて、電解槽に電流及び電圧を供給する。そのため、本発明の実施形態によれば、セル構成の異なる電解槽に対しても共通に利用できる電力制御装置を提供することができる。

[0041] また、本発明の実施形態では、電流制限切替回路 60 を備えることにより、デューティ比制御されたパルス信号の ON（H レベル）時には、電流制限抵抗 40（プログラミング抵抗）を R_{P1} に設定し、設定電流値（高側基準電流）にコンパレータ回路 24 を制御する。一方、デューティ比制御されたパルス信号の OFF（L レベル）時には、電流制限抵抗 40 を $R_{P1} + R_{P2}$ に設定して、電解槽 1 に流れる電流値を、0（ゼロ）A を超える設定電流値（低側基準電流）以上の値で且つ可能な限り 0 A に近い値に制御することができる。

[0042] また、本発明の実施形態の電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、上述のように最小限の電子部品（抵抗、電圧電流変換回路、比較器等）により構成できる。そのため、低コスト、かつコンパクトな電解水製造装置の部品として、本発明の実施形態の電解槽定電圧定電流電源回路 10 を供給することができる。

[0043] （第 2 の実施形態の説明）

第 2 の実施形態では、電解槽の内部、及び表層温度を直接測定することなく、環境温度に応じて電気分解をスロットリング制御することにより、電解槽の温度上昇を防ぐ定電流制御基板について説明する。

図 5 は、電解槽と定電流制御基板とを組込んだ組込装置 100 の構成を示す図である。

電解槽は、上記説明の電解槽 1 と等しく、定電流制御基板とは、上記説明の電解槽定電圧定電流電源回路 10（電力制御装置）と等しいものである。組込装置 100 は、電解槽 1 で製造された電解水を使用する装置であって、電解槽 1 と電解槽定電圧定電流電源回路 10 とを組込んでいる。

なお、図5においては、スイッチングC V C C電源回路20（電圧電流制御回路）に関しては、図1及び図2に示す一部について示している。図5において、省略された部分は図1及び図2を用いて説明したものであるので説明は省略する。

図5に示すように、電解槽定電圧定電流電源回路10は、上記説明のサーミスタ抵抗器70（温度検出部）を含んでいる。ただし、第2の実施形態において、サーミスタ抵抗器70は環境温度を検出する位置に配置される。ここで、環境温度とは、電解槽1、及び電解槽定電圧定電流電源回路10を組み込み、電解水を使用する組込装置100の内側の温度であって、電解槽1の外側の温度を言う。すなわち、サーミスタ抵抗器70は、電解槽1の内部、及び表層温度を直接測定するものでなく、環境温度を検出する。なお、サーミスタではなく、サーモスタットなど他の温度センサを代用してもよい。

[0044] スロットリング制御とは、電解槽定電圧定電流電源回路10が、環境温度に応じて、定電流制御を一定の時間を置いて、発生させたり停止させたりする間欠制御に相当する。

すなわち、コンパレータ回路24は、サーミスタ抵抗器70で検出する環境温度が、電解槽1の予め設定される定格温度の範囲外になると、電気分解を一時停止することを指示する制御信号を電圧制御回路22に対して出力する。電圧制御回路22は、この制御信号が入力されると電解槽1への定電流供給を停止し、電解槽1は電気分解を停止する。また、コンパレータ回路24は、サーミスタ抵抗器70で検出する環境温度が、定格温度の範囲内に戻ると、電気分解を再開することを指示する制御信号を電圧制御回路22に対して出力する。電圧制御回路22は、この制御信号が入力されると電解槽1への定電流供給を再開し、電解槽1は自動的に電気分解を開始する。

なお、ここで、定電流制御における定電流の値は、パルス信号のオン状態が100%、オフ状態が0%となっており、電流制限切替回路60が決めた高側基準電流の値である。また、定電流制御を停止した状態では、電解槽1へは、電流制限切替回路60が決めた低側基準電流の値でなく、電解槽定電

圧定電流電源回路 10 及び電流制限切替回路 60 が遮断されるため 0 A の電流が流れることになる。すなわち、電解槽定電圧定電流電源回路 10 は、環境温度が定格温度を超えると、定電流制御を止めて、定電流制御を止めてから環境温度が定格温度を下回ると定電流制御を再開するというスロットリング制御を行うことができる。

[0045] (実験例)

電解槽 1、電解槽定電圧定電流電源回路 10 及びこれらを組込んだ恒温槽（組込装置 100）を用いて、スロットリング制御を行った実験例について、図 6～図 14 を参照して以下に説明する。図 6～図 12 は、それぞれ定格温度を 30℃～50℃にした場合の各定格温度における電流値の時間変化を示している。

電解槽 1 として、セルの数が 6 個の電解槽を用いた。電解槽 1 中に 9%塩酸を供給することにより、スイッチング CVC 電源回路 20 に 3 A の電解電流を印加した際の電解電圧が 10 V になるよう調整した。電気分解によって発生した塩素ガスを、毎時 20 L の流量の水に注入した。

図 6 は、環境温度が 30℃における電流値の時間変化を示す図である。また、図 7 は、環境温度が 35℃における電流値の時間変化を示す図である。また、図 8 は、環境温度が 40℃における電流値の時間変化を示す図である。

図 6～図 8 に示すように、40℃以下では、連続的に定電流制御モードにより電気分解がされている。

[0046] 図 9 は、環境温度が 42.5℃における電流値の時間変化を示す図である。また、図 10 は、環境温度が 45℃における電流値の時間変化を示す図である。また、図 11 は、環境温度が 47.5℃における電流値の時間変化を示す図である。また、図 12 は、環境温度が 50℃における電流値の時間変化を示す図である。

図 9～図 12 に示すように、環境温度が上昇するほどスロットリングは頻繁に発生する。

[0047] 図13は、環境温度に対する平均電流値、有効塩素濃度、及び電解槽温度の変化を示す図である。また、図14は、平均電流値と有効塩素濃度との関係を示す図である。

環境温度が上昇するにつれて、スロットリングは頻繁に発生するため、図13に示すように、平均電流値が減少する。図14に示すように、平均電流値に比例して有効塩素濃度が低下する。また、図13に示すように、スロットリングの発生が、発熱と冷却とのバランスをとり、最終的には、環境温度が50℃でも、電解槽の温度は50℃以上には上がらなかった。

[0048] 連続運転時における電解槽の発熱問題は、これまでの大きな課題であった。電極板の温度が60℃を超えると、コーティング材の剥離がおきやすくなり、電解槽の寿命に影響を及ぼしていた。

電解槽の発熱は季節だけでなく、設置場所等などの使用環境温度にも影響されてきたが、電気分解をスロットリング制御することによって、環境温度に対する電解槽の発熱による電解槽の温度上昇を確実に抑えることができるようになった。これまでは、冷却しても電解槽の温度の上昇が抑えられないときは、電解槽の保護のために、電気分解を停止しなければならなかった。しかし、本実施形態では、電気分解をスロットリング制御することにより、電解槽の温度上昇を抑え、環境温度が定格温度＝上限（50℃）を超えるまで、電気分解を継続することができるようになった。これにより、電解槽と電解槽の温度上昇を抑えて電極の寿命が短くなることを抑制できる電力制御装置とを組込んだ組込装置において、電解槽の温度上昇を抑えて電極の劣化を抑制することが可能となる。

[0049] また、環境温度により、微酸性電解水の温度が40℃を超えると、主成分である次亜塩素酸分子を分解して、電解槽の配管や組込装置に使われている金属や樹脂を腐食するという問題も懸念されていた。しかし、本実施形態では、電解槽の温度が上昇して、環境温度が定格温度＝40℃を超えて、スロットリングが発生すると、その温度上昇に比例して有効塩素濃度を低下させることにより、電解水による腐食の抑制にも対応できるようになった。

また、スロットリング発生時に、ユーザに対して温度の異常の度合い（有効塩素濃度が温度に応じて低下する度合い）を知らせることも可能になった。電解槽に流れる電流を示すアナログデータは、スイッチングC V C C電源回路20の16番ピン20__16を介して、外部へ出力される。このアナログデータにより、定格温度各々に応じた定電流の値、定電流が流れている時間、及び0 Aの時間が判るので、平均電流値を算出することにより、定格温度各々に応じた環境温度と有効塩素濃度とを知ることができる。

[0050] 以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

産業上の利用可能性

[0051] 本発明の組込装置に組込まれる電力制御装置において、電圧電流制御回路は、環境温度が予め設定される定格温度範囲外になると、電解電流の供給を停止し、環境温度が定格温度範囲内に戻ると、電解電流の供給を再開する。これにより、電解槽の温度を測ることなく、電解槽の温度上昇を抑えることができる。そのため、本発明によれば、電解槽と電解槽の温度上昇を抑えて電極の寿命が短くなることを抑制できる電力制御装置とを組込んだ組込装置、及び組込装置の制御方法を提供することができる。

符号の説明

[0052] 1…電解槽、10…電解槽定電圧定電流電源回路、20…スイッチングC V C C電源回路、21…電圧電流制御回路、22…電圧制御回路、23…電圧電流検出回路、24…アンプ・コンパレータ回路、25…電圧電流モニタ回路、30…電流検出抵抗、40…電流制限抵抗、50…電圧分割抵抗、60…電流制限切替回路、70…サーミスタ抵抗器、100…組込装置

請求の範囲

- [請求項1] 陽極と陰極との間に通電される電流によって原料水を電気分解して電解水を製造するための電解槽と、
- 前記電解槽に対して、入力される直流電力に基づいて、電解電流を供給する電力制御装置と、を組込んだ組込装置であって、
- 前記電力制御装置は、
- 定電流制御モードにおいて、前記電解電流が、前記電解槽を構成する単位セルの定格電流に応じて予め設定される基準電流の電流値を超えないように制御しながら前記電解電流を前記電解槽へ供給する電圧電流制御回路と、
- 前記組込装置の内側の温度であって前記電解槽の外側の環境温度を検出する温度検出部と、を備え、
- 前記電圧電流制御回路は、前記温度検出部の検出温度が、予め設定される定格温度範囲外になると、前記電解電流の供給を停止し、前記温度検出部の検出温度が、前記定格温度範囲内に戻ると、前記電解電流の供給を再開する、組込装置。
- [請求項2] 前記電力制御装置は、
- 前記電圧電流制御回路の出力端子に接続され、自身の両端間に生じる電圧を検出する電流検出部と、
- 前記基準電流を生成する電流制限部と、をさらに備え、
- 前記電圧電流制御回路は、
- 前記電流検出部の両端間電圧と前記電流検出部の抵抗値とから前記電解槽に流れる前記電解電流を算出する電圧電流検出回路と、
- 前記電解電流と前記電流制限部によって生成される前記基準電流とを比較し、比較結果を表す電流比較結果信号を出力するコンパレータ回路と、
- 前記電流比較結果信号に基づいて、前記電解電流が前記基準電流を超えないように制御しながら前記出力端子から前記電解電流を前記電

解槽へ供給する電圧制御回路と、を有する請求項 1 に記載の組込装置。
。

[請求項3] 前記電力制御装置は、
 前記電解電流の電流値を示すアナログデータを、外部へ出力する電
 圧電流モニタ回路を、
 さらに備える請求項 2 に記載の組込装置。

[請求項4] 陽極と陰極との間に通電される電流によって原料水を電気分解して
 電解水を製造するための電解槽と、
 前記電解槽に対して、入力される直流電力に基づいて、電解電流を
 供給する電力制御装置と、を組込んだ組込装置であって、
 前記電力制御装置は、
 定電流制御モードにおいて、前記電解電流が、前記電解槽を構成す
 る単位セルの定格電流に応じて予め設定される基準電流の電流値を超
 えないように制御しながら前記電解電流を前記電解槽へ供給する電圧
 電流制御回路と、
 前記組込装置の内側の温度であって前記電解槽の外側の環境温度を
 検出する温度検出部と、を備えた組込装置の制御方法において、
 前記電圧電流制御回路は、前記温度検出部の検出温度が、予め設定
 される定格温度範囲外になると、前記電解電流の供給を停止し、前記
 温度検出部の検出温度が、前記定格温度範囲内に戻ると、前記電解電
 流の供給を再開する、組込装置の制御方法。