

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7416088号  
(P7416088)

(45)発行日 令和6年1月17日(2024.1.17)

(24)登録日 令和6年1月9日(2024.1.9)

|                         |               |   |
|-------------------------|---------------|---|
| (51)国際特許分類              | F I           |   |
| C 2 5 B 15/02 (2021.01) | C 2 5 B 15/02 |   |
| C 2 5 B 1/04 (2021.01)  | C 2 5 B 1/04  |   |
| C 2 5 B 9/00 (2021.01)  | C 2 5 B 9/00  | A |
| C 2 5 B 9/65 (2021.01)  | C 2 5 B 9/65  |   |

請求項の数 10 (全16頁)

|             |                             |          |                           |
|-------------|-----------------------------|----------|---------------------------|
| (21)出願番号    | 特願2021-563462(P2021-563462) | (73)特許権者 | 000005223                 |
| (86)(22)出願日 | 令和1年12月9日(2019.12.9)        |          | 富士通株式会社                   |
| (86)国際出願番号  | PCT/JP2019/048117           |          | 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号     |
| (87)国際公開番号  | WO2021/117097               | (74)代理人  | 100107766                 |
| (87)国際公開日   | 令和3年6月17日(2021.6.17)        |          | 弁理士 伊東 忠重                 |
| 審査請求日       | 令和4年6月21日(2022.6.21)        | (74)代理人  | 100070150                 |
|             |                             |          | 弁理士 伊東 忠彦                 |
|             |                             | (72)発明者  | 米澤 遊                      |
|             |                             |          | 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 N        |
|             |                             |          | T Tエレクトロニクスクロステクノロジー株式会社内 |
|             |                             | (72)発明者  | 中島 善康                     |
|             |                             |          | 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 N        |
|             |                             |          | T Tエレクトロニクスクロステクノロジー株式会社内 |
|             |                             |          | 最終頁に続く                    |

(54)【発明の名称】 水電気分解システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

発電装置と、  
隔膜を介して陽極の表面と陰極の表面との間に挟まれる部分の抵抗成分と、キャパシタ成分を並列に有する水電気分解セルと、  
前記発電装置から供給される電力を変換して、前記水電気分解セルに印加する出力電圧を生成する電力変換器とを備え、  
電流が前記抵抗成分に流れ始める電圧を閾値電圧とするとき、  
前記電力変換器は、前記出力電圧が前記閾値電圧未満にならないように、前記出力電圧の変動を前記閾値電圧以上の範囲に制限する、水電気分解システム。

【請求項2】

前記発電装置から供給される電力に基づいて、前記電力変換器の制御指令値を生成する制御器を備え、  
前記電力変換器は、前記出力電圧が前記制御指令値により前記閾値電圧未満にならないように、前記出力電圧の変動を前記範囲に制限する、請求項1に記載の水電気分解システム。

【請求項3】

前記電力変換器は、前記制御指令値により指示される前記出力電圧の指示電圧値と、前記閾値電圧以上の設定電圧値とのうち大きい方の値に、前記出力電圧を近づける、請求項2に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 4】

前記電力変換器は、前記指示電圧値と前記設定電圧値とのうち大きい方の値と、前記出力電圧のフィードバック値との差が零に近づくように、前記出力電圧を制御する、請求項 3 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 5】

前記電力変換器は、前記指示電圧値に前記出力電圧を近づける第 1 の制御値と、前記閾値電圧以上の設定電圧値に前記出力電圧を近づける第 2 の制御値とのうち、前記出力電圧を大きくする方の制御値に応じて、前記出力電圧を制御する、請求項 3 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 6】

前記第 1 の制御値及び前記第 2 の制御値は、前記電力変換器のスイッチングのデューティ比である、請求項 5 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 7】

前記電力変換器は、前記制御指令値により指示される前記出力電圧の指示電圧値に前記出力電圧を近づける第 1 の制御値と、前記出力電圧が前記閾値電圧以上となる設定電流値に前記水電気分解セルに流れる出力電流を近づける第 3 の制御値とのうち、前記出力電圧を大きくする方の制御値に応じて、前記出力電圧を制御する、請求項 2 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 8】

前記第 1 の制御値及び前記第 3 の制御値は、前記電力変換器のスイッチングのデューティ比である、請求項 7 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 9】

前記電力変換器は、前記設定電流値と前記出力電流のフィードバック値との差に応じて前記第 3 の制御値を生成する、請求項 7 又は 8 に記載の水電気分解システム。

## 【請求項 10】

前記電力変換器は、前記指示電圧値と前記出力電圧のフィードバック値との差に応じて前記第 1 の制御値を生成する、請求項 5 から 9 のいずれか一項に記載の水電気分解システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、水電気分解システム及び水電気分解装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、水を電気分解する電解装置と、太陽電池の出力電圧  $V_1$  を電圧  $V_2$  に降圧して電解装置へ出力するスイッチングレギュレータ部とを備える電解システムが知られている。スイッチングレギュレータ部は、電圧  $V_2$  に基づくフィードバック制御により、電圧  $V_2$  の変動を抑えた定電圧電源として用いられる（例えば、特許文献 1 参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【文献】特開 2015-164028 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

水を電気分解する電解装置（以下、「水電気分解セル」ともいう）に印加する電圧の変動が定電圧電源により抑えられていても、太陽電池等の発電装置から供給される電力の挙動によっては、水電気分解セルに印加する電圧が変動する場合がある。例えば、発電装置から供給される電力が急減すると、フィードバックがかかっているにもかかわらず、水電気分解セルに印加する電圧が一時的に急減する場合がある。水電気分解セルに印加する電圧の変動は、水

10

20

30

40

50

電気分解セルに過剰な突入電流を流し、水電気分解セルを劣化させる要因となりうる。

【0005】

本開示は、水電気分解セルに流れる突入電流を抑制可能な技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示は、

発電装置と、

水電気分解セルと、

前記発電装置から供給される電力を変換して、前記水電気分解セルに印加する出力電圧を生成する電力変換器とを備え、

前記電力変換器は、前記出力電圧が前記水電気分解セルの閾値電圧未満にならないように、前記出力電圧の変動を前記閾値電圧以上の範囲に制限する、水電気分解システムを提供する。

【0007】

また、本開示は、

水電気分解セルと、

入力される電力を変換して、前記水電気分解セルに印加する出力電圧を生成する電力変換器とを備え、

前記電力変換器は、前記出力電圧が前記水電気分解セルの閾値電圧未満にならないように、前記出力電圧の変動を前記閾値電圧以上の範囲に制限する、水電気分解装置を提供する。

【発明の効果】

【0008】

本開示の技術によれば、水電気分解セルに流れる突入電流を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】一実施形態における水電気分解システムの構成例を示す図である。

【図2】水電気分解セルの構造例を示す図である。

【図3】水電気分解セルの電気特性の一例を示す図である。

【図4】水電気分解セルに流れる突入電流を例示する図である。

【図5】水電気分解セルの等価回路の一例を示す図である。

【図6】水電気分解セルに印加する電圧が変動する場合を例示する図である。

【図7】一比較形態における水電気分解システムの構成例を示す図である。

【図8】一比較形態における水電気分解システムの動作波形を例示する図である。

【図9】水電気分解セルにおける電圧と電流との静特性の一例を示す図である。

【図10】水電気分解セルにおける電圧と電流との動特性の一例を示す図である。

【図11】電力変換器の第1の構成例を示す図である。

【図12】電力変換器の第2の構成例を示す図である。

【図13】電力変換器の第3の構成例を示す図である。

【図14】電力変換器の動作波形を例示する図である。

【図15】出力電圧の変動を水電気分解セルの閾値電圧以上の範囲に制限しない場合の動作波形の一例を示す図である。

【図16】出力電圧の変動を水電気分解セルの閾値電圧以上の範囲に制限する場合の動作波形の一例を示す図である。

【図17】制御部のハードウェア構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の実施形態について説明する。

【0011】

図1は、一実施形態における水電気分解システムの構成の一例を示す図である。図1に

10

20

30

40

50

示す水電気分解システム1001は、ソーラーパネル10が発電した電気エネルギーにより、水を電気分解することによって水素を生成する。水電気分解システム1001は、ソーラーパネル10から最大電力が出力されるように、ソーラーパネル10から引き出す電力を制御する。水電気分解システム1001は、ソーラーパネル10及び水電気分解装置101を備える。水電気分解装置101は、MPP T (Maximum Power Point Tracking) 制御器70、電力変換器20、セル30、電流計72及び電圧計73を備える。

#### 【0012】

ソーラーパネル10は、発電した第1の直流電力 $P_o$ を出力する発電装置の一例であり、パネル面に配列された複数の太陽電池を有する。太陽電池は、光起電力効果を利用し、太陽光のような光エネルギーを直流電力に変換して出力する。

#### 【0013】

太陽電池は、内部抵抗の比較的大きな電池のような電流－電圧特性をっており、電流を引き出すことで電圧降下が発生する。最大の電力を引き出せる電流と電圧で決まる最大電力点 (Maximum Power Point) は、太陽電池を照らす照度 (日射量 $S$ ) と太陽電池の温度によって変化する。照度が高ければ、発電量が上がるため、最大電力は増加する。一方で、太陽電池の温度が高くなると内部抵抗が増加し最大電力が低下する。

#### 【0014】

常に最大電力点を満たすように太陽電池から引き出す電力を制御する方法を最大電力点追従 (MPP T: Maximum Power Point Tracking) 制御と称し、山登り法と呼ばれる制御方法が使用されることが多い。太陽電池を高効率で使うためには、MPP T制御は有効な技術である。以下では、ソーラーパネル10の最大電力点での出力電力を最大電力 $P_{solar\_max}$ と表記する。

#### 【0015】

MPP T制御器70は、ソーラーパネル10の出力ライン71に設置された電流計72及び電圧計73により計算されたソーラーパネル10の出力電力 (第1の直流電力 $P_o$ ) を、最大電力 $P_{solar\_max}$ に近づける制御指令値を生成する。図1に示すMPP T制御器70は、ソーラーパネル10から供給される電力 (第1の直流電力 $P_o$ ) に基づいて、MPP T制御を行うことにより、ソーラーパネル10の負荷の一つである電力変換器20の制御指令値 $r$ を生成する。制御指令値 $r$ により指示される内容は、電力変換器20の出力電圧 $V_{out}$ の目標値を表す指示電圧値でもよいし、電力変換器20の出力電圧 $V_{out}$ を制御するデューティ比の目標値を表す指示デューティ比でもよい。

#### 【0016】

電力変換器20は、ソーラーパネル10が出力する第1の直流電力 $P_o$ を、MPP T制御器70から供給される制御指令値 $r$ に応じて、第2の直流電力 $P_{out}$ に変換して出力するDC－DCコンバータである (DC: Direct Current)。電力変換器20は、MPP T制御器70から供給される制御指令値 $r$ に応じて、ソーラーパネル10からの入力電圧 $V_{in}$ を出力電圧 $V_{out}$ に変換し、出力経路21に接続されるセル30の両端に出力電圧 $V_{out}$ を印加する。

#### 【0017】

セル30は、水電気分解セルの一例である。セル30は、単体のセルでもよいし、複数のセルが直列に接続されるセルスタックでもよい。セル30がセルスタックの場合、出力電圧 $V_{out}$ がセル30の両端に印加されることにより、直列に接続される複数のセルの各々の両端 (陽極と陰極との間) に、出力電圧 $V_{out}$ を分圧した電圧が印加される。

#### 【0018】

図2は、水電気分解セルの構造例を示す図である。図2に示すセル30は、単体のセルを表すが、セルスタックの場合、直列に接続される複数のセルのうちの一つのセルを表す。セル30は、電解槽とも称する。セル30は、陽極31と、陰極32と、隔膜33とを有する。隔膜33は、陽極31と陰極32との間に挟まれている。陽極31に供給される水 ( $H_2O$ ) は、陽極31と陰極32との間に印加される電圧により電気分解される。この電気分解によって、陽極31において酸素 ( $O_2$ ) が発生し、水素イオン ( $H^+$ ) が陽

10

20

30

40

50

極 3 1 側から隔膜 3 3 を通って陰極 3 2 側に移動して、陰極 3 2 において水素 ( $H_2$ ) が発生する。陽極 3 1 において発生した酸素は、酸素配管を介して、大気に放出又は貯蔵される。陰極 3 2 において発生した水素は、水素配管を介して、水素タンクに貯蔵される。水素タンクに貯蔵された水素は、エネルギーとして利用される。

【0019】

図 3 は、水電気分解セルの電気特性の一例を示す図である。セル 3 0 は、ダイオードのような電流 - 電圧特性を持っており、閾値電圧  $V_{th}$  から急激に電流が流れ出し、電気分解が始まる。セル 3 0 が  $N$  個のセルが直列に接続されるセルスタックの場合、直列に接続される  $N$  個のセル全体の閾値電圧は、セル 1 個当たりの閾値電圧 ( $1 \sim 1.5 V$  程度) の  $N$  倍となる。セル 3 0 に流れる電流が大きくなるほど、水素の発生量も多くなる。

10

【0020】

ところが、セル 3 0 に過剰な突入電流が瞬間的に流れると、セル 3 0 の劣化（特に、陽極 3 1 等の電極の劣化）が進行し、セル 3 0 の抵抗値が増大する。セル 3 0 の抵抗値が増大すると、セル 3 0 に同じ電圧を印加しても、セル 3 0 に流れる電流が低下するので、水素の発生量も低下してしまう（図 3 の破線参照）。

【0021】

例えば図 4 に示すように、太陽の日射量  $S$  が変動すると、過剰な突入電流  $i$  が、セル 3 0 に流れる電流（セル電流  $I_{cell}$ ）に瞬間的に発生することがある。日射量  $S$  の変動に伴って、ソーラーパネル 1 0 から電力変換器 2 0 に供給される第 1 の直流電力  $P_o$  は変動するので、日射量  $S$  の変動が大きいと、電力変換器 2 0 から出力される第 2 の直流電力  $P_{out}$  も大きく変動する場合がある。第 2 の直流電力  $P_{out}$  の変動に伴って、セル 3 0 に印加する出力電圧  $V_{out}$  が大きく変動すると、出力電圧  $V_{out}$  の変動に同期した突入電流  $i$  がセル 3 0 に瞬間的に流れることがある。出力電圧  $V_{out}$  の変動に同期した突入電流  $i$  がセル 3 0 に瞬間的に流れる要因の一つは、セル 3 0 に構造上存在するキャパシタ成分である。

20

【0022】

図 5 は、水電気分解セルの等価回路の一例を示す図である。図 5 に示す等価回路 1 1 で表されるセル 3 0 は、陽極 3 1 と陰極 3 2 との間の抵抗成分に並列に寄生するキャパシタ成分  $C_p$  を有する。 $R_s$  は、陽極 3 1 及び陰極 3 2 の構造上の抵抗成分、 $R_{cell}$  は、隔膜 3 3 を介して陽極 3 1 の表面と陰極 3 2 の表面との間に挟まれる部分の抵抗成分、 $R_{cp}$  は、キャパシタ成分  $C_p$  に直列に存在する抵抗成分を表す。 $V_{th}$  は、セル 3 0 の閾値電圧（ダイオード成分の順方向特性における順方向電圧に相当）を表す。 $I_d$  は、抵抗成分  $R_{cell}$  及びダイオード成分に流れる電流、 $I_{cap}$  は、抵抗成分  $R_{cp}$  及びキャパシタ成分  $C_p$  に流れる電流、 $I_{cell} (= I_d + I_{cap})$  は、セル 3 0 に流れる総電流を表す。キャパシタ成分  $C_p$  は、数  $F$ （ファラド）の容量を有する。

30

【0023】

図 6 は、水電気分解セルに印加する電圧が変動する場合を例示する図である。セル電圧  $V_{cd}$  は、セル 3 0 に印加する電圧を表し、電力変換器 2 0 の出力電圧  $V_{out}$  に略等しい。セル電流  $I_{cell}$  は、セル 3 0 に流れる電流を表し、電力変換器 2 0 の出力電流  $I_{out}$  に略等しい。セル電圧  $V_{cd}$  の変動に同期して、キャパシタ成分  $C_p$  を充電又は放電する電流  $I_{cap}$ （すなわち、過剰な突入電流）が瞬間的に流れる。

40

【0024】

セル電圧  $V_{cd}$  が閾値電圧  $V_{th}$  まで上昇する期間  $t_1 - t_2$  には、電流  $I_d$  が流れずに、キャパシタ成分  $C_p$  を充電する過剰な電流  $I_{cap}$  がキャパシタ成分  $C_p$  に瞬間的に流れる。セル電圧  $V_{cd}$  が閾値電圧  $V_{th}$  よりも上昇してから閾値電圧  $V_{th}$  以上の一定値になるまでの期間  $t_2 - t_3$  では、電流  $I_{cap}$  と電流  $I_d$  の両方が流れる。セル電圧  $V_{cd}$  が閾値電圧  $V_{th}$  以上の一定値である期間  $t_3 - t_4$  では、電流  $I_{cap}$  が流れずに電流  $I_d$  が流れる。セル電圧  $V_{cd}$  が閾値電圧  $V_{th}$  に低下するまでの期間  $t_4 - t_5$  には、電流  $I_{cap}$  と電流  $I_d$  の両方が流れる。セル電圧  $V_{cd}$  が閾値電圧  $V_{th}$  よりも低下する期間  $t_5 - t_6$  には、電流  $I_d$  が流れずに、キャパシタ成分  $C_p$  を放電する過剰な電流  $I_{cap}$  が

50

キャパシタ成分  $C_p$  に瞬間的に流れる。

【0025】

このような充放電電流（突入電流）を抑制するため、例えば図7に示す水電気分解システム1000のように、出力経路21に蓄電池システム40を設ける形態が考えられる。蓄電池システム40において充放電される電力  $P_b$  によって、セル30に供給される電力  $P_a$  の変動は抑制される（図8参照）。電力  $P_a$  の変動が抑制されることによって、セル30に印加する電圧の変動も抑制されるので、セル30のキャパシタ成分に流れる突入電流を抑制できる。しかしながら、このような蓄電池システム40を設ける形態では、蓄電池システム40の充放電時の損失が新たに生じてしまうことがある。

【0026】

本開示の実施形態における電力変換器20は、このような蓄電池システム40の有無にかかわらず、セル30のキャパシタ成分に流れる突入電流を抑制できる機能を有する。次に、この機能について説明する。

【0027】

図9は、水電気分解セルにおける電圧と電流との静特性の一例を示す図である。セル電圧  $V_{cd}$  は、セル30に印加する電圧を表し、電力変換器20の出力電圧  $V_{out}$  に略等しい。セル電流  $I_{cell}$  は、セル30に流れる電流を表し、電力変換器20の出力電流  $I_{out}$  に略等しい。

【0028】

出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）を変動させる範囲を制限しなければ、出力電圧  $V_{out}$  は範囲  $X$  を自由に変動できる。このため、出力電圧  $V_{out}$  を一定値に制御するフィードバック制御を行っていても、ソーラーパネル10から供給される電力  $P_0$  が急減すると、出力電圧  $V_{out}$  は、閾値電圧  $V_{th}$  未満の範囲  $X_1$  に一時的に急減するおそれがある。セル30に印加する出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）が閾値電圧  $V_{th}$  未満の範囲  $X_1$  で変動すると、セル30のキャパシタ成分  $C_p$  に突入電流が流れてしまう（図5、6参照）。

【0029】

これに対し、本開示の実施形態における電力変換器20は、出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）がセル30の閾値電圧  $V_{th}$  未満にならないように、出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）の変動を閾値電圧  $V_{th}$  以上の範囲  $Y$  に制限する機能を有する（図9参照）。このような制限機能により、出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）が閾値電圧  $V_{th}$  未満の範囲  $X_1$  で変動しないように制御できるので、セル30のキャパシタ成分  $C_p$  に流れる突入電流を抑制でき、セル30の劣化を抑制できる。セル30に常に印加する出力電圧  $V_{out}$  が閾値電圧  $V_{th}$  以上であると、セル30のキャパシタ成分  $C_p$  に流れる突入電流を常に抑制できる。もちろん、このような制限機能があっても、出力電圧  $V_{out}$  がセル30の閾値電圧  $V_{th}$  未満になる期間（例えば、電力変換器20の起動時の出力電圧  $V_{out}$  の立ち上がり期間及び停止時の出力電圧  $V_{out}$  の立ち下がり期間など）があってもよい。

【0030】

範囲  $Y$  の上限値は、特に限定されないが、セル30が許容する最大印加電圧などによって適宜設定されるとよい。

【0031】

なお、本開示の実施形態においても、出力電圧  $V_{out}$  の平滑化等のために蓄電池システム40のような蓄電部を設けてもよいが、そのような蓄電部を設けないことにより、当該蓄電部での充放電時の損失の低減とセル30に流れる突入電流の抑制とを両立できる。

【0032】

図10は、水電気分解セルにおける電圧と電流との動特性の一例を示す図である。実線の  $X$  は、出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）の変動を閾値電圧  $V_{th}$  以上の範囲に制限しない場合の動作波形の一例を示す。破線の  $Y$  は、出力電圧  $V_{out}$ （セル電圧  $V_{cd}$ ）の変動を閾値電圧  $V_{th}$  以上の範囲に制限する場合の動作波形の一例を示す。

【0033】

10

20

30

40

50

電力変換器 20 は、出力電圧  $V_{out}$  が制御指令値  $r$  により閾値電圧  $V_{th}$  未満にならないように、出力電圧  $V_{out}$  (セル電圧  $V_{cd}$ ) の変動を閾値電圧  $V_{th}$  以上の範囲  $Y$  に制限する機能を有する。この制限機能により、制御指令値  $r$  により指示される出力電圧  $V_{out}$  の指示電圧値  $V_r$  が閾値電圧  $V_{th}$  未満でも、閾値電圧  $V_{th}$  未満への出力電圧  $V_{out}$  (セル電圧  $V_{cd}$ ) の低下を妨げるので、セル 30 のキャパシタ成分  $C_p$  に流れる突入電流を抑制できる。

【0034】

例えば、電力変換器 20 は、制御指令値  $r$  により指示される出力電圧  $V_{out}$  の指示電圧値  $V_r$  と、閾値電圧  $V_{th}$  以上の設定電圧値  $V_1$  とのうち大きい方の値に、出力電圧  $V_{out}$  を近づける制御機能を有する。この制御機能により、制御指令値  $r$  により指示される出力電圧  $V_{out}$  の指示電圧値  $V_r$  が閾値電圧  $V_{th}$  未満でも、閾値電圧  $V_{th}$  未満への出力電圧  $V_{out}$  (セル電圧  $V_{cd}$ ) の低下を妨げるので、セル 30 のキャパシタ成分  $C_p$  に流れる突入電流を抑制できる。

【0035】

図 11 は、電力変換器 20 の第 1 の構成例を示す図である。図 11 に示す電力変換器 20 A は、上述の電力変換器 20 の一例であり、電源回路 50 及び制御部 60 を有する。

【0036】

電源回路 50 は、入力電圧  $V_{in}$  を出力電圧  $V_{out}$  に降圧変換するレギュレータであるが、図 11 に示す構成に限られない。図 11 に示す電源回路 50 は、スイッチング素子 51、52 と、インダクタ 53 と、コンデンサ 54 とを有する公知のバック型変換回路である。

【0037】

制御部 60 は、電源回路 50 の変換動作を制御する。制御部 60 は、指示電圧値  $V_r$  と設定電圧値  $V_1$  とのうち大きい方の値  $V_{rr}$  と、出力電圧  $V_{out}$  のフィードバック値との差  $E_1$  が零に近づくように、電源回路 50 の変換動作を制御することで、出力電圧  $V_{out}$  を制御する。制御部 60 は、選択器 61、減算器 62、補償器 63 及び PWM (Pulse Width Modulation) 変調器 64 を有する。

【0038】

選択器 61 は、指示電圧値  $V_r$  と設定電圧値  $V_1$  とのうち大きい方の値を選択し、選択した大きい方の値  $V_{rr}$  を減算器 62 に供給する。減算器 62 は、選択器 61 から供給される値  $V_{rr}$  と出力電圧  $V_{out}$  のフィードバック値との差  $E_1$  を導出する。補償器 63 は、比例・積分制御により、差  $E_1$  を零に近づけるデューティ比  $D$  を算出する。PWM 変調器 64 は、デューティ比  $D$  に従って、スイッチング素子 51、52 を相補的にオン又はオフにスイッチングさせる。

【0039】

制御部 60 によれば、電力変換器 20 A は、制御指令値  $r$  により指示される出力電圧  $V_{out}$  の指示電圧値  $V_r$  と、閾値電圧  $V_{th}$  以上の設定電圧値  $V_1$  とのうち大きい方の値に、出力電圧  $V_{out}$  を近づけることができる。これにより、指示電圧値  $V_r$  が閾値電圧  $V_{th}$  未満になっても、出力電圧  $V_{out}$  は閾値電圧  $V_{th}$  以上の設定電圧値  $V_1$  に維持されるので、セル 30 に流れる突入電流を抑制できる。

【0040】

図 12 は、電力変換器 20 の第 2 の構成例を示す図である。図 12 に示す電力変換器 20 B は、上述の電力変換器 20 の一例であり、電源回路 50 及び制御部 65 を有する。上述の構成例と同様の点についての説明は、上述の説明を援用することで、省略する。

【0041】

制御部 65 は、指示電圧値  $V_r$  に出力電圧  $V_{out}$  を近づけるデューティ比  $A$  と、閾値電圧  $V_{th}$  以上の設定電圧値  $V_1$  に出力電圧  $V_{out}$  を近づけるデューティ比  $B$  とのうち、出力電圧  $V_{out}$  を大きくする方のデューティ比に応じて、出力電圧  $V_{out}$  を制御する。デューティ比  $A$  は、指示電圧値に出力電圧を近づける第 1 の制御値の一例である。デューティ比  $B$  は、閾値電圧以上の設定電圧値に出力電圧を近づける第 2 の制御値の一例である。

デューティ比Dは、第1の制御値と第2の制御値とのうち、出力電圧を大きくする方の制御値の一例である。

【0042】

制御部65は、減算器62、補償器63、補償器67、選択器66及びPWM変調器64を有する。減算器62は、指示電圧値 $V_r$ と出力電圧 $V_{out}$ のフィードバック値との差 $E_1$ を算出する。補償器63は、差 $E_1$ に応じてデューティ比Aを生成し、例えば比例・積分制御により、差 $E_1$ を零に近づけるデューティ比Aを導出する。補償器67は、入力電圧 $V_{in}$ の検出値と設定電圧値 $V_1$ とを用いて、デューティ比Bを生成する。例えば、補償器67は、入力電圧 $V_{in}$ の検出値を設定電圧値 $V_1$ で除算することによって、デューティ比B( $=V_{in}/V_1$ )を算出する。選択器66は、デューティ比Aとデューティ比Bとのうち、出力電圧 $V_{out}$ を大きくする方の値を選択し、選択した値をデューティ比DとしてPWM変調器64に供給する。PWM変調器64は、デューティ比Dに従って、スイッチング素子51, 52を相補的にオン又はオフにスイッチングさせる。

10

【0043】

制御部65によれば、電力変換器20Bは、制御指令値 $r$ により指示される出力電圧 $V_{out}$ の指示電圧値 $V_r$ と、閾値電圧 $V_{th}$ 以上の設定電圧値 $V_1$ とのうち大きい方の値に、出力電圧 $V_{out}$ を近づけることができる。これにより、指示電圧値 $V_r$ が閾値電圧 $V_{th}$ 未満になっても、出力電圧 $V_{out}$ は閾値電圧 $V_{th}$ 以上の設定電圧値 $V_1$ に維持されるので、セル30に流れる突入電流を抑制できる。

【0044】

20

図13は、電力変換器20の第3の構成例を示す図である。図13に示す電力変換器20Cは、上述の電力変換器20の一例であり、電源回路50及び制御部68を有する。上述の構成例と同様の点についての説明は、上述の説明を援用することで、省略する。

【0045】

制御部68は、指示電圧値 $V_r$ に出力電圧 $V_{out}$ を近づけるデューティ比Aと、設定電流値 $I_1$ に出力電流 $I_{out}$ を近づけるデューティ比Cとのうち、出力電圧 $V_{out}$ を大きくする方のデューティ比に応じて、出力電圧 $V_{out}$ を制御する。設定電流値 $I_1$ は、零よりも僅かに大きい値に設定されることが好ましい(図9参照)。デューティ比Aは、指示電圧値に出力電圧を近づける第1の制御値の一例である。デューティ比Cは、零よりも大きい設定電流値にセルに流れる出力電流を近づける第3の制御値の一例である。デューティ比Dは、第1の制御値と第3の制御値とのうち、出力電圧を大きくする方の制御値の一例である。

30

【0046】

制御部68は、減算器62、補償器63、減算器69、補償器74、選択器66及びPWM変調器64を有する。減算器62は、指示電圧値 $V_r$ と出力電圧 $V_{out}$ のフィードバック値との差 $E_1$ を算出する。補償器63は、差 $E_1$ に応じてデューティ比Aを生成し、例えば比例・積分制御により、差 $E_1$ を零に近づけるデューティ比Aを導出する。減算器69は、設定電流値 $I_1$ と出力電流 $I_{out}$ のフィードバック値との差 $E_2$ を算出する。補償器74は、差 $E_2$ に応じてデューティ比Cを生成し、例えば比例・積分制御により、差 $E_2$ を零に近づけるデューティ比Cを導出する。選択器66は、デューティ比Aとデューティ比Cとのうち、出力電圧 $V_{out}$ を大きくする方の値を選択し、選択した値をデューティ比DとしてPWM変調器64に供給する。PWM変調器64は、デューティ比Dに従って、スイッチング素子51, 52を相補的にオン又はオフにスイッチングさせる。

40

【0047】

制御部68によれば、図14に示すように、指示電圧値 $V_r$ が閾値電圧 $V_{th}$ 未満になっても、電流フィードバックの制御(補償器74)により、設定電流値 $I_1$ の最低限の出力電流 $I_{out}$ がセル30に流れる。これにより、出力電圧 $V_{out}$ の変動を閾値電圧 $V_{th}$ 以上の範囲に制限できるので、セル30に流れる突入電流を抑制できる。また、閾値電圧 $V_{th}$ がセル30の温度や劣化によって変化しても、設定電流値 $I_1$ の最低限の出力電流 $I_{out}$ がセル30に流れるので、出力電圧 $V_{out}$ の変動を閾値電圧 $V_{th}$ 以上の範囲に制

50

限できる。

【0048】

図13に示す制御部68の減算器62の前段に、選択器61（図11）が追加されてもよい。選択器61が制御部68に追加されることにより、指示電圧値 $V_r$ が閾値電圧 $V_{th}$ 未満になっても、出力電圧 $V_{out}$ は、閾値電圧 $V_{th}$ 以上の設定電圧値 $V_1$ に又は設定電流値 $I_1$ に対応する電圧値に維持されるので、セル30に流れる突入電流を抑制できる。

【0049】

各構成例における設定電圧値 $V_1$ は、セル30の温度に応じて変化してもよい。これにより、セル30の温度に応じて、閾値電圧 $V_{th}$ が変動しても、設定電圧値 $V_1$ を補正できる。設定電圧値 $V_1$ は、セル30の温度が高い場合、セル30の温度が低い場合に比べて、小さくなるのが好ましい。これにより、セル30の温度上昇により閾値電圧 $V_{th}$ が低下しても、閾値電圧 $V_{th}$ よりも僅かに大きな値に設定電圧値 $V_1$ を補正できる。

【0050】

図15は、出力電圧の変動を水電気分解セルの閾値電圧以上の範囲に制限しない場合の動作波形の一例を示す図である。図16は、出力電圧の変動を水電気分解セルの閾値電圧以上の範囲に制限する場合の動作波形の一例を示す図である。図15、16は、いずれもシミュレーションによる動作確認結果を示す。シミュレーション条件は、セル30を3個のセルが直列に接続されるセルスタックとし、セル30の閾値電圧 $V_{th}$ を4.5ボルトとし、セル30のキャパシタ成分 $C_p$ を1ファラドとする。図15では、突入電流 $i$ が出力電圧 $V_{out}$ の変動に同期して発生するのに対し、図16では、突入電流 $i$ が抑制されている。

【0051】

図17は、制御部のハードウェア構成例を示す図である。上述の制御部60、65、68は、いずれも、アナログ回路のみにより実現されてもよいし、図17に示すような制御装置500により実現されてもよい。制御装置500は、それぞれバス506で相互に接続されているドライブ装置501、補助記憶装置502、メモリ装置503、CPU（Central Processing Unit）504、及びインタフェース装置505等を有する。

【0052】

制御装置500での処理を実現するプログラムは、記録媒体507によって提供される。プログラムを記録した記録媒体507がドライブ装置501にセットされると、プログラムが記録媒体507からドライブ装置501を介して補助記憶装置502にインストールされる。ただし、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体507より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置502は、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

【0053】

メモリ装置503は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置502からプログラムを読み出して格納する。CPU504は、メモリ装置503に格納されたプログラムに従って制御装置500に係る機能を実行するプロセッサである。インタフェース装置505は、外部と接続するためのインタフェースとして用いられる。

【0054】

なお、記録媒体507の一例としては、CD-ROM、DVDディスク、又はUSBメモリ等の可搬型の記録媒体が挙げられる。また、補助記憶装置502の一例としては、HDD（Hard Disk Drive）又はフラッシュメモリ等が挙げられる。記録媒体507及び補助記憶装置502のいずれについても、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に相当する。

【0055】

以上、実施形態について説明したが、本開示の技術は上記の実施形態に限定されるものではない。他の実施形態の一部又は全部との組み合わせや置換などの種々の変形及び改良が可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

例えば、発電装置は、再生可能エネルギーの一つである太陽光を用いて電力を発電する装置に限られず、風力などの他の再生可能エネルギーを用いて電力を発電する装置でもよい。

【符号の説明】

【 0 0 5 7 】

- 1 0   ソーラーパネル
- 1 1   等価回路
- 2 0 , 2 0 A , 2 0 B , 2 0 C   電力変換器
- 2 1   出力経路
- 3 0   セル
- 3 1   陽極
- 3 2   陰極
- 3 3   隔膜
- 4 0   蓄電池システム
- 5 0   電源回路
- 6 0 , 6 5 , 6 8   制御部
- 7 0   M P P T制御器
- 1 0 0 0 , 1 0 0 1   水電気分解システム

10

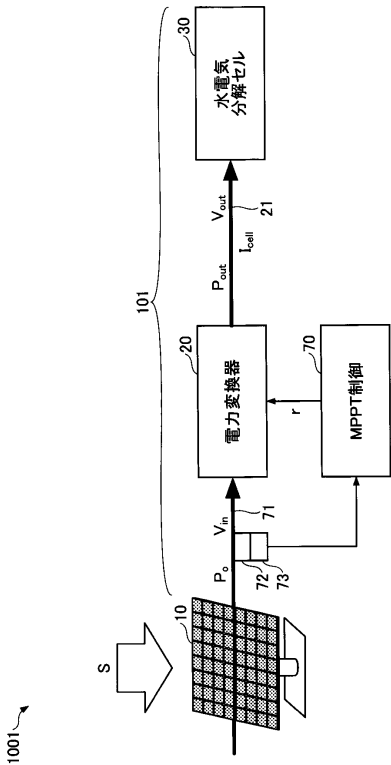
20

30

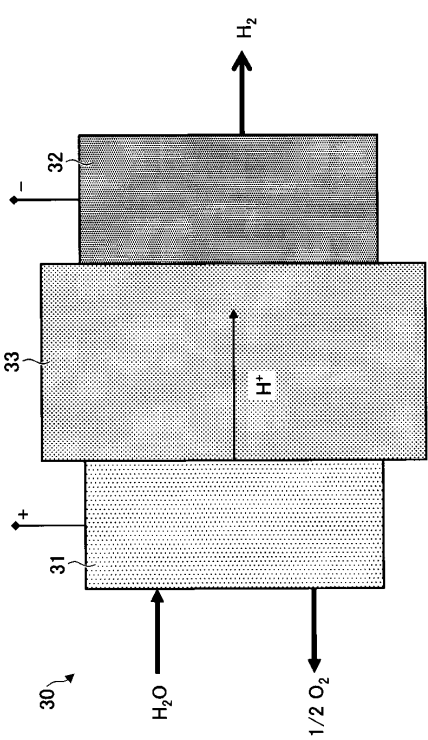
40

50

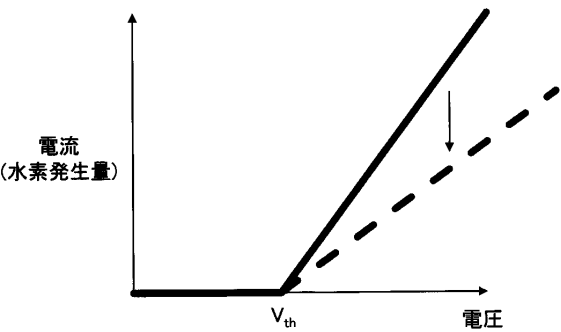
【図面】  
【図 1】



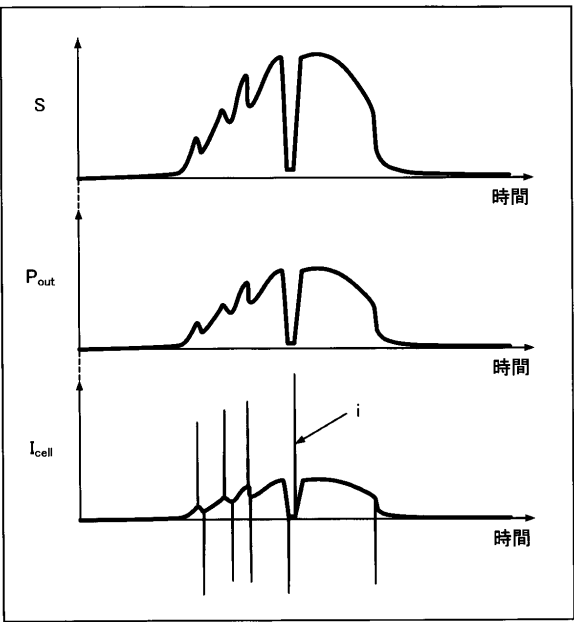
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

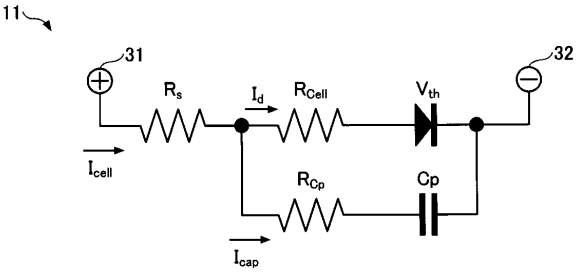
20

30

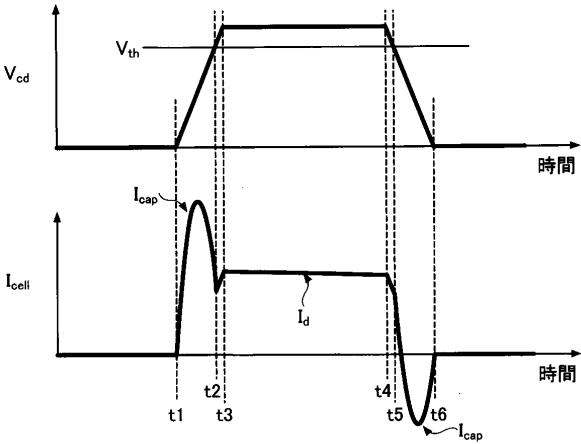
40

50

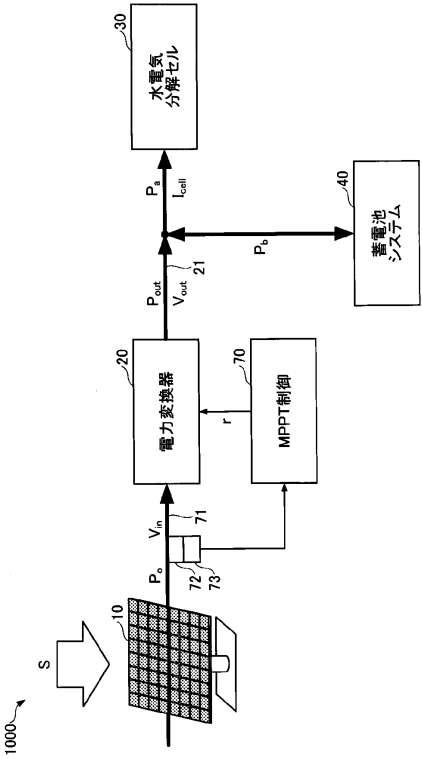
【図 5】



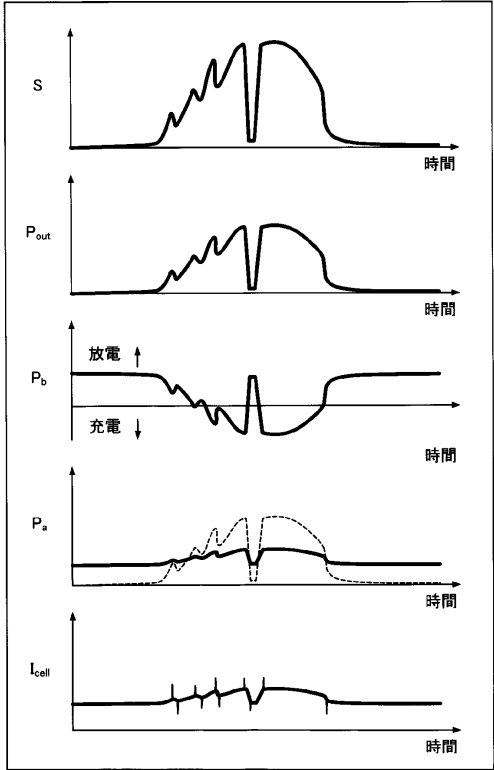
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

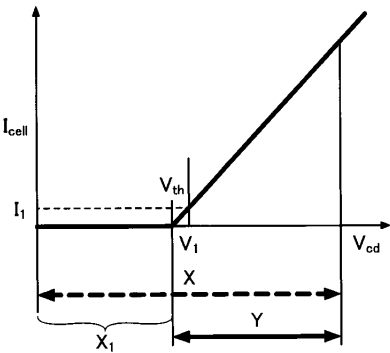
20

30

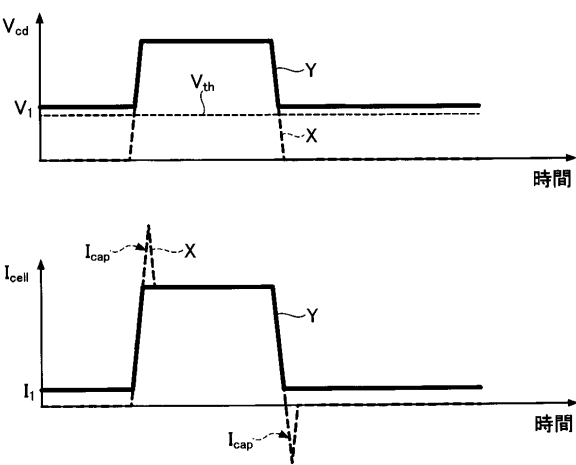
40

50

【図 9】

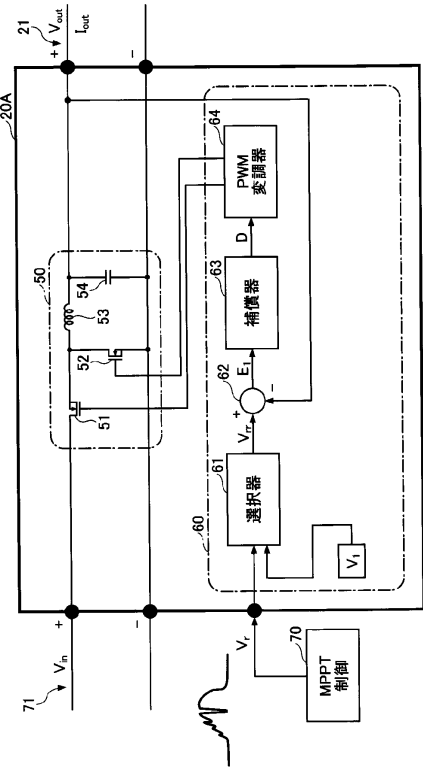


【図 10】

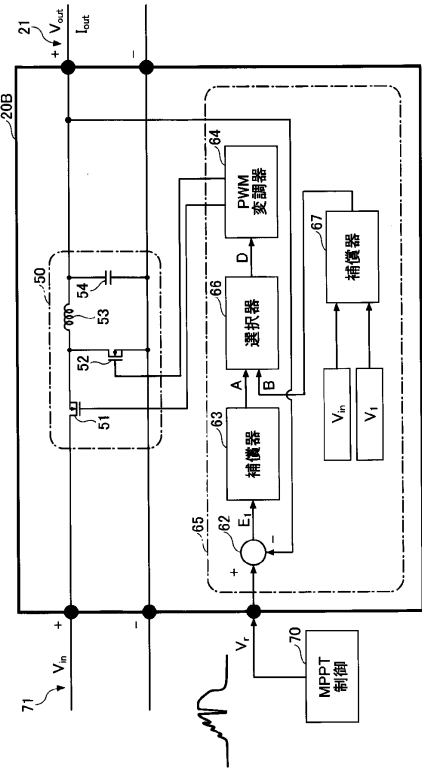


10

【図 11】



【図 12】



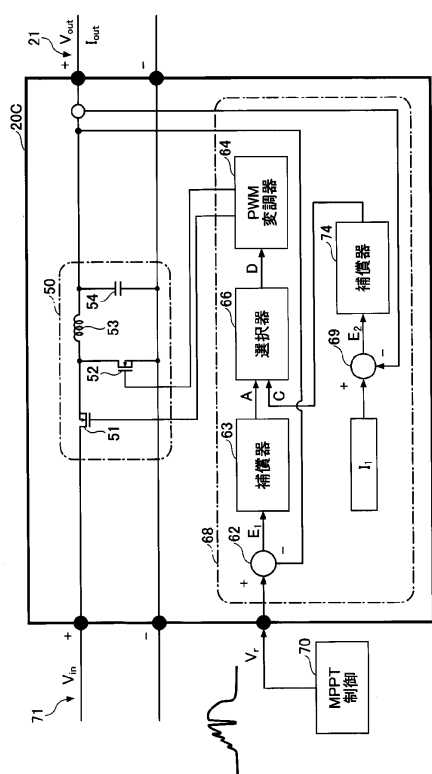
20

30

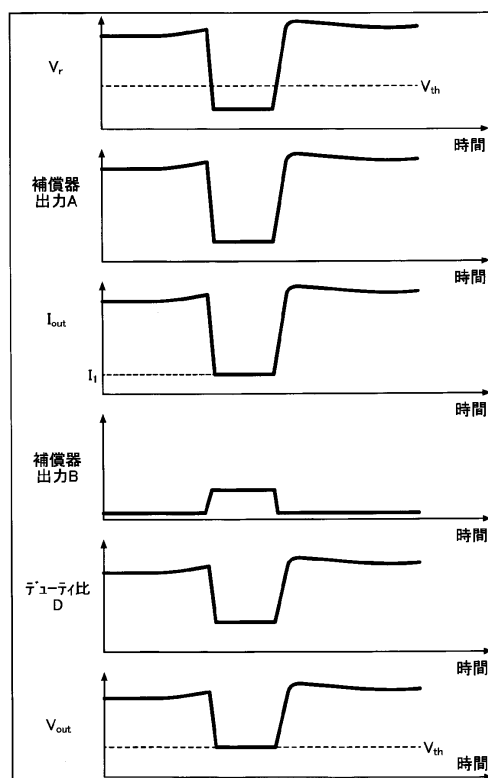
40

50

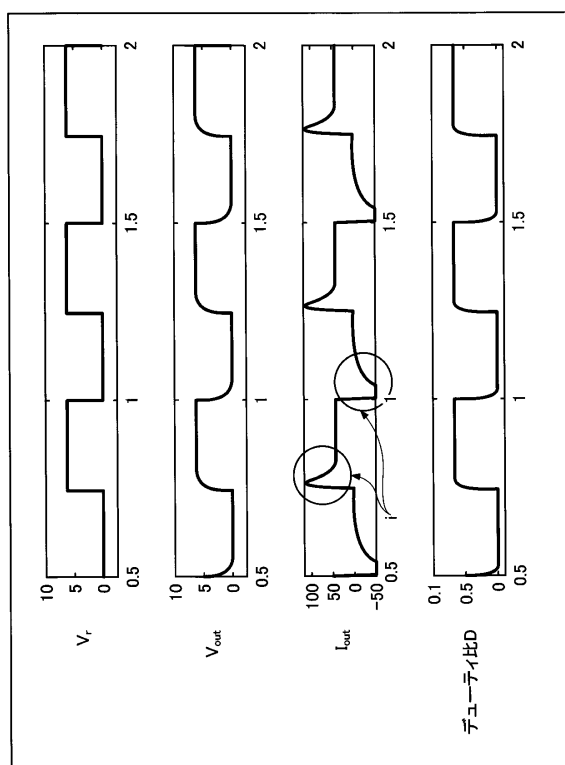
【図 13】



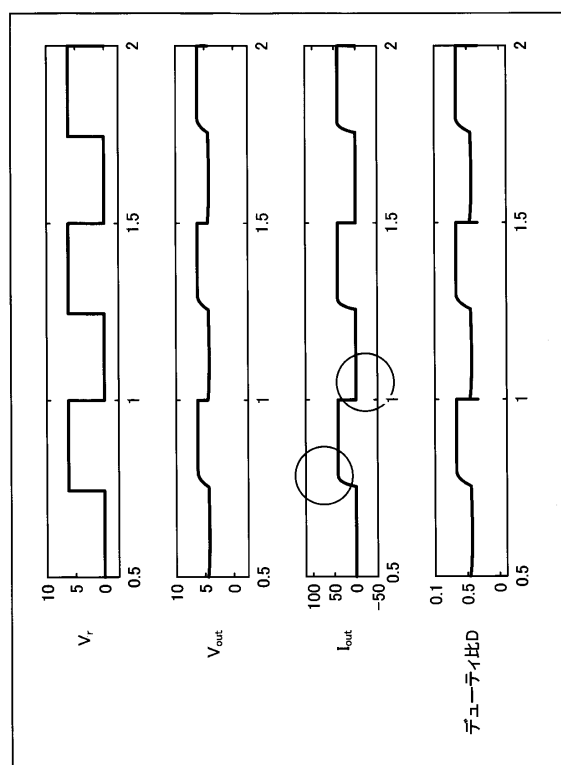
【図 14】



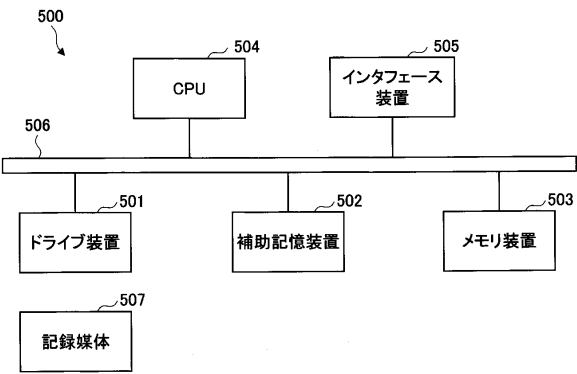
【図 15】



【図 16】



【図 17】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

株式会社内  
審査官 柵屋 健太郎  
(56)参考文献 国際公開第2007/142693 (WO, A2)  
米国特許出願公開第2006/0065302 (US, A1)  
国際公開第2007/018830 (WO, A2)  
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C25B 15/02  
C25B 1/04  
C25B 9/00  
C25B 9/65