



本発明は、海水淡水化システムに好適に用いられるエネルギー回収装置に関する。エネルギー回収装置は、濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバー（１１，１２）と、チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算する第１流量計（ＦＭ１）と、チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算する第２流量計（ＦＭ２）と、複数のチャンバーに設置され濃縮海水の流入と排出を切換える少なくとも１つの切換弁（ＶＳ－１，ＶＤ－１）と、流量計の流量から求めたチャンバーの積算流量に基づいて複数のチャンバーの各切換弁を制御する制御装置（２１）とを備えている。制御装置は複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して各切換弁を制御する。

明 細 書

発明の名称： 海水淡水化システムおよびエネルギー回収装置

技術分野

[0001] 本発明は、海水から塩分を除去して海水を淡水化する海水淡水化システムおよび該海水淡水化システムに好適に用いられるエネルギー回収装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、海水を淡水化するシステムとして、海水を逆浸透膜分離装置に通水して脱塩する海水淡水化システムが知られている。この海水淡水化システムにおいては、取水された海水は、前処理装置により一定水質の条件に整えられたのち、高圧ポンプにより加圧され、逆浸透膜分離装置へと圧送され、逆浸透膜分離装置内の高圧海水の一部は、逆浸透圧力に打ち勝って逆浸透膜を通過し、塩分が除去された淡水として取り出される。その他の海水は、塩分濃度が高くなり濃縮された状態で逆浸透膜分離装置から濃縮海水（ブライン）として排出される。ここで、海水淡水化システムにおける最大の運転コストは電力費であり、前処理後の海水を浸透圧に打ち勝てる圧力即ち逆浸透圧まで上昇させるためのエネルギー、つまり高圧ポンプによる加圧エネルギーに大きく依存する。

[0003] すなわち、海水淡水化プラントにおける電力費の半分以上は、高圧ポンプによる加圧に費やされることが多い。従って、逆浸透膜分離装置から排出される高塩分濃度で高圧の濃縮海水が保有する圧力エネルギーを、海水の一部を昇圧するのに利用することが行われている。そして、逆浸透膜分離装置から排出される濃縮海水の圧力エネルギーを海水の一部を昇圧するのに利用する手段として、円筒の筒内に移動可能に嵌装されたピストンによって円筒の内部を2つの空間に分離し、2つの空間の一方に濃縮海水の出入りを行う濃縮海水ポートを設け、もう一方に海水の出入りを行う海水ポートを設けたエネルギー回収チャンバーを利用することが行われている。

[0004] 図13は、従来の海水淡水化システムの構成例を示す模式図である。図13に示すように、取水ポンプ（図示しない）により取水された海水は、前処理装置1により浮遊物等が除去されて所定の水質条件に整えられたのち、送水ポンプ2を経て高圧ポンプライン3とエネルギー回収装置海水供給ライン4に分岐する。高圧ポンプ5へ流入した海水は、高圧ポンプ5により加圧され、エネルギー回収装置10とブースターポンプ7とにより昇圧された海水と合流した後、逆浸透膜分離装置8へ圧送される。

[0005] 逆浸透膜分離装置8に導入された海水の一部は、逆浸透圧に打ち勝って逆浸透膜分離装置8内の逆浸透膜（RO膜）8aを通過し、塩分が除去された脱塩水として脱塩水ラインを経て取り出される。その他の海水は、塩分濃度が高くなり、濃縮された濃縮海水となり逆浸透膜分離装置8から濃縮海水ライン9を通じエネルギー回収装置10に導入される。

エネルギー回収装置10においては、制御弁14の動作に伴って、2つのエネルギー回収チャンバー11, 12内では、ピストン13, 13の移動により送水ポンプ2からチェック弁モジュール15に通じた海水の導入と高圧の濃縮海水（リジェクト）を利用した海水の昇圧、吐出しを行う。

[0006] エネルギー回収チャンバー11, 12内で昇圧された海水は、チェック弁モジュール15からブースターポンプ海水供給ライン6を介してブースターポンプ7へ供給される。ここでブースターポンプ7により、逆浸透膜分離装置8や配管の圧力損失、制御弁14における圧力損失、エネルギー回収チャンバー11, 12およびチェック弁モジュール15内で発生する圧力損失分を昇圧後、昇圧後の海水を高圧ポンプ5の吐出し海水と合流させ、逆浸透膜分離装置8へ圧送する。

[0007] 上述した従来のエネルギー回収チャンバーにおいては、エネルギー回収チャンバー内のピストンはシリンダ内壁と摺動することになり、ピストンの摺動部材が摩耗するので定期的な交換が必要であり、また長尺のチャンバーの内径をピストンの外形に合わせて精度よく加工する必要があり、加工コストが非常に高価であった。

そのため、本件出願人は、特許文献1において円筒形長尺のチャンバーを圧力交換チャンバーとし、チャンバー内に複数の区画された流路を設けて逆浸透膜（RO膜）から排出される高圧の濃縮海水で直接海水を加圧する方式を採用することにより、ピストンの無い形態のエネルギー回収チャンバーを提案した。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2010-284642号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ピストンを備えた従来のエネルギー回収チャンバーにおいては、ピストンに磁石を内蔵し、チャンバー外部に磁気を検出するマグネットスイッチを設けてピストンの位置を検知していた。ピストンが濃縮海水と海水を分離しながら移動するので、このマグネットスイッチをチャンバーの両端近傍に設けてピストンの移動方向を制御弁などで切り替えてチャンバー内で往復させることがすなわち海水と濃縮海水の給排水の切り替えを行う制御となっていた。なお、ピストンの位置を近接センサ、レーザ、フォトセンサなどを用いて検知することも行われている。

一方、ピストンの無い形態のエネルギー回収チャンバーは、ピストンがないため同様の方法で給排水量を制御することができない。このため、海水と濃縮海水の給排水の切り替えを行う制御を別な手段、手法で行う必要がある。

[0010] 本発明は、上述の事情に鑑みなされたもので、ピストンが無い形態のエネルギー回収チャンバーおよびピストンが有る形態のエネルギー回収チャンバーのいずれにおいても、エネルギー回収チャンバーへの濃縮海水と海水の給排水の切り替えを正確なタイミングで行うことができるエネルギー回収装置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

- [0011] 上述した目的を達成するために、本発明のエネルギー回収装置は、ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、前記チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第1流量計と、前記チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第2流量計と、前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも1つの切換弁と、前記第1流量計および／または前記第2流量計の流量に基づき前記チャンバーの積算流量を求めて該積算流量に基づいて前記複数のチャンバーの各切換弁を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御することを特徴とする。
- [0012] 本発明によれば、逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水を切換弁を介して複数のチャンバーに給排水するとともに海水を複数のチャンバーに給排水することにより、各チャンバー内において濃縮海水によって海水を昇圧して吐出（排出）することができる。チャンバー内に流入する海水または濃縮海水の流量を第1流量計により測定して積算流量を求め、またチャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を第2流量計により測定して積算流量を求め、求めた積算流量に基づいて海水または濃縮海水のチャンバーへの流入量および／またはチャンバーからの排出量を把握して切換弁の開度を制御することにより、チャンバーへの濃縮海水と海水の給排水の切り換えを正確なタイミングで行うことができる。さらに、複数のチャンバーに設置される各切換弁に対して1つの入力信号で開度を調節することができるため、容易にかつ確実に多数の切換弁の制御ができる。

[0013] 本発明の好ましい態様によれば、前記単一の入力信号によって前記各切換弁の開度および切換時間を制御可能であることを特徴とする。

本発明によれば、1つの入力信号で切換弁の開度および切換時間を調節することができるため、よりの確に多数の切換弁の制御ができる。

[0014] 本発明の好ましい態様によれば、前記単一の入力信号として台形波を用いることを特徴とする。

本発明によれば、入力した信号値が一定値をとる時間を設けることにより各切換弁の開度を一定に保持する時間を調整することができる。

[0015] 本発明の好ましい態様によれば、前記各切換弁の開度は、予め規定された設定値に基づき前記入力信号に対して変化するように設定されていることを特徴とする。

本発明によれば、入力される信号値とそれぞれの切換弁の開度との固有の関係を表す設定値に基づき切換弁を制御するため、設定値を変えることにより各切換弁の開度を修正しつつ制御することができる。

[0016] 本発明の好ましい態様によれば、前記制御装置は、前記第1流量計または前記第2流量計による前記チャンバーの積算流量が所定値に到達したときに前記チャンバーの前記切換弁の切換を行うように制御することを特徴とする。

本発明によれば、第1流量計または第2流量計による積算を開始してから積算流量が所定値に到達したときに切換弁の切換を行うので、チャンバーへの濃縮海水の流入量が所定値に到達したタイミングで濃縮海水の流入を停止することができる。そのため、濃縮海水がエネルギー回収装置からブースターポンプに流入することがない。この場合、チャンバーへの濃縮海水の流入量は、第1流量計で測定した積算流量から求めることができる。また、チャンバーへ濃縮海水が流入するとチャンバー内の海水が排出（吐出）されるので、チャンバーからの海水の排出量（吐出量）を第2流量計で測定した海水の積算流量から求めることにより、チャンバーへの濃縮海水の流入量を求めることができる。

[0017] 本発明の好ましい態様によれば、前記チャンバーの実容積の所定の割合から算定される値で前記切換弁の切換を行うことを特徴とする。

本発明によれば、チャンバーへの濃縮海水の流入量がチャンバーの実容積の所定の割合（例えば、80～90％）に到達したときに濃縮海水の流入を停止することができるため、濃縮海水がエネルギー回収装置からブースターポンプに流入することがない。上述したように、チャンバーへの濃縮海水の流入量は、第1流量計の積算流量から求めてもよいし、第2流量計の積算流量から求めてもよい。

[0018] 本発明の好ましい態様によれば、前記制御装置は、前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と前記チャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値とを比較して、前記チャンバーから排出される濃縮海水の流量を制御することを特徴とする。

本発明によれば、チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値とチャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値とを比較し、チャンバーから排出される濃縮海水の流量を制御する。チャンバーから排出される濃縮海水の排出量は、チャンバーに流入する海水の流入量と等しいため、チャンバーからの濃縮海水の排出量を求めることによりチャンバーへの海水の流入量を求めることができる。したがって、チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値とチャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値とを比較することによって、チャンバーへの濃縮海水の流入量とチャンバーへの海水の流入量のバランスをとることができる。このバランスを適正にとることにより、濃縮海水がエネルギー回収装置からブースターポンプに流入することがない。

また、上記より

- ・チャンバーへの海水の流入量の積算値とチャンバーから排出される海水の積算値を比較
- ・チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値とチャンバーから排出される海水の積算値を比較
- ・チャンバーへの海水の流入量の積算値とチャンバーからの濃縮海水の排出

量の積算値を比較

することによっても、前記バランスを取ることができることは言うまでもなく、要は、チャンバーへ流入する流体とチャンバーから排出される流体の積算値を比較することにより、濃縮海水のブースターポンプへの流入を回避する。

ここでは、チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値とチャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値を比較する場合について記載する。

なお、本発明によれば、前記切換弁の制御により、チャンバーへの海水の流入量とチャンバーへの濃縮海水の流入量を自在に調整することができる。

[0019] 本発明の好ましい態様によれば、前記制御装置は、前記チャンバーへの海水の流入量の積算値が前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と等しく、もしくは、多くなるように、前記切換弁を制御することを特徴とする。

本発明によれば、チャンバーへの海水の流入量の積算値がチャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と等しく、もしくは、多くなるように切換弁を制御するので、濃縮海水がエネルギー回収装置からブースターポンプへ流入することがない。

[0020] 本発明の好ましい態様によれば、前記制御装置は、複数のチャンバーから昇圧された海水を同時に排出する工程を含むように前記各切換弁を制御することを特徴とする。

複数のチャンバーにおいて、海水を吸入する工程と、吸入された海水を濃縮海水によって昇圧して吐出（排出）する工程とを繰り返すが、この場合、一つのチャンバーが海水吐出工程を終了したときに他のチャンバーが海水吐出工程を開始するように切換弁を制御すると、切換時に昇圧海水の脈動が起こる。そのため、本発明では、複数のチャンバーから昇圧された海水が同時に吐出されるように切換弁を制御し、すなわち複数のチャンバーの海水吐出工程を重複させることにより、昇圧海水の脈動を抑制することができる。

[0021] 本発明のエネルギー回収装置は、ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水

淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも1つの切換弁と、前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御する制御装置とを備えたことを特徴とする。

[0022] 本発明によれば、逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水を切換弁を介して複数のチャンバーに給排水するとともに海水を複数のチャンバーに給排水することにより、各チャンバー内において濃縮海水によって海水を昇圧して吐出（排出）することができる。さらに、複数のチャンバーに設置される各切換弁に対して1つの入力信号で開度を調節することができるため、容易にかつ確実に多数の切換弁の制御ができる。

[0023] 本発明の海水淡水化システムは、ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムにおいて、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するのに利用する請求項1乃至10のいずれか1項に記載のエネルギー回収装置を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、以下に列挙する効果を奏する。

1) 複数のチャンバーへの濃縮海水と海水の給排水の切り換えを正確なタイミングで行うことができるため、塩分濃度の高い海水を逆浸透膜分離装置に送ってしまうことがないので、脱塩率を低下させることなく逆浸透膜分離装置の性能を十分に発揮することができるとともに、逆浸透膜自体の交換周期を長くすることができる。

2) 一つの入力信号を入力することにより複数の切換弁を連動して動作させることができるため、複数の切換弁の開閉順序を決める手間が省略でき、時

間の節約になる。また、多数の切換弁の開閉順序を決める際に順序を誤って決めてしまうことがなくなり、装置の機能低下が回避できる。

3) 複数のチャンバーから同時に昇圧海水を吐出（排出）する工程を含んでいるため、昇圧海水の流量および圧力の脈動が小さい。

4) チャンバーから排出される濃縮海水の排出量を制御することにより、チャンバーに流入する海水の流入量を制御することができるため、チャンバーから海水が必要以上に排出されることがない。

5) 海水淡水化システムにおいて淡水の需要量に変化する場合に、逆浸透膜分離装置からエネルギー回収装置に供給される濃縮海水の流量が変化するが、この流量変化に速やかに追従することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図 1 は、本発明の海水淡水化システムの構成例を示す模式図である。

[図2]図 2 は、本発明のエネルギー回収装置の構成例を示す模式図である。

[図3]図 3 は、切換弁の開度（縦軸）と入力信号（横軸）との関係を示すグラフである。

[図4]図 4 は、入力信号値 I/V と時間との関係を示す台形波信号を示す図である。

[図5]図 5 は、切換弁の開度（縦軸）と入力信号（横軸）との関係を示すグラフである。

[図6]図 6 は、図 5 に示した入力信号値 0, S, U, 及び $\pm 100\%$ を用いて入力信号値の変化に伴うエネルギー回収装置の状態を示す図である。

[図7]図 7 は、入力信号値 I/V を $\pm 100\%$ の範囲で台形波の形態で変化させた場合の切換弁の開閉動作を示す図である。

[図8]図 8 は、切換弁に対する入力信号と、各切換弁の開閉動作、エネルギー回収チャンバーへの吸入海水流量及びエネルギー回収チャンバーへの吸入濃縮海水流量との関係を示すグラフである。

[図9]図 9 は、本発明におけるエネルギー回収装置の動作を実現する制御方法の手順を示すフローチャートである。

[図10]図10は、図9に示す時間T2設定の手順を示すフローチャートである。

[図11]図11は、図9に示す切換弁VD-1, VD-2の最大開度(LIMIT)設定の手順を示すフローチャートである。

[図12A]図12Aは、一組の切換弁に対する入力信号と切換弁の動作を示すグラフである。

[図12B]図12Bは、位相差をもたせた入力信号を示す図である。

[図13]図13は、従来の海水淡水化システムの構成例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明に係る海水淡水化システムの実施形態について図1乃至図12を参照して説明する。なお、図1乃至図12において、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

[0027] 図1は、本発明の海水淡水化システムの構成例を示す模式図である。図1に示すように、取水ポンプ（図示しない）により取水された海水は、前処理装置1により前処理されて所定の水質条件に整えられたのち、送水ポンプ2を経て高圧ポンプライン3とエネルギー回収装置海水供給ライン4に分岐する。高圧ポンプ5へ流入した海水は、高圧ポンプ5により加圧され、エネルギー回収装置10とブースターポンプ7とにより昇圧された海水と合流した後、逆浸透膜分離装置8へ圧送される。

[0028] 逆浸透膜分離装置8に導入された海水の一部は、逆浸透圧に打ち勝って逆浸透膜分離装置8内の逆浸透膜（RO膜）8aを通過し、塩分が除去された脱塩水として脱塩水ラインを経て取り出される。その他の海水は、塩分濃度が高くなり、濃縮された濃縮海水となり逆浸透膜分離装置8から濃縮海水ライン9を通じエネルギー回収装置10に導入される。

エネルギー回収装置10においては、切換装置20の動作に伴って、2つのエネルギー回収チャンバー11, 12内では、濃縮海水と海水の界面が濃縮海水と海水の双方の圧力バランスによりチャンバー内を移動することにより送水ポンプ2からチェック弁モジュール15に通じた海水の導入と高圧の

濃縮海水（リジェクト）を利用した海水の昇圧、吐出しを行う。

[0029] エネルギー回収チャンバー 11, 12 内で昇圧された海水は、チェック弁モジュール 15 からブースターポンプ海水供給ライン 6 を介してブースターポンプ 7 へ供給される。ここでブースターポンプ 7 により、逆浸透膜分離装置 8 や配管の圧力損失、切換装置 20 における圧力損失、エネルギー回収チャンバー 11, 12 およびチェック弁モジュール 15 内で発生する圧力損失分を昇圧後、昇圧後の海水を高圧ポンプ 5 の吐出し海水と合流させ、逆浸透膜分離装置 8 へ圧送する。

[0030] 次に、図 1 に示すように、濃縮海水と海水の界面が濃縮海水と海水の双方の圧力バランスによりチャンバー内を移動する方式のエネルギー回収チャンバーを複数備えたエネルギー回収装置において、複数のエネルギー回収チャンバーへの濃縮海水と海水の給排水を制御する構成を図 2 を参照して説明する。図 2 においては、エネルギー回収チャンバーを 2 個備えた例が図示されているが、エネルギー回収チャンバーを 3 個以上備えていてもよい。

[0031] 図 2 は、本発明のエネルギー回収装置 10 の構成例を示す模式図である。図 2 に示すように、エネルギー回収装置 10 は、2 つのエネルギー回収チャンバー 11, 12 を備えている。逆浸透膜分離装置 8 から濃縮海水を排出する濃縮海水ライン 9 は、2 つに分岐し、一方の分岐ラインは切換弁 VS-1 を介してエネルギー回収チャンバー 11 の濃縮海水ポート P1 に接続されており、他方の分岐ラインは切換弁 VS-2 を介してエネルギー回収チャンバー 12 の濃縮海水ポート P1 に接続されている。また、エネルギー回収チャンバー 11 の濃縮海水ポート P1 は切換弁 VD-1 を介して濃縮海水排出ライン 16 に接続されており、エネルギー回収チャンバー 12 の濃縮海水ポート P1 は切換弁 VD-2 を介して濃縮海水排出ライン 16 に接続されている。濃縮海水ライン 9 には、切換弁 VS-1, VS-2 の上流側に流量計 FM1 が設置されている。濃縮海水排出ライン 16 には、切換弁 VD-1, VD-2 の下流側に流量計 FM2 が設置されている。切換弁 VS-1, VS-2, VD-1, VD-2 は切換装置 20（図 1 参照）を構成している。各切換

弁VS-1, VS-2, VD-1, VD-2は制御装置21に接続されており、各切換弁VS-1, VS-2, VD-1, VD-2の動作は制御装置21により制御される。図2においては、切換弁VS-1, VS-2, VD-1, VD-2にON-OFF弁を使用する構成例にて説明するが、切換弁は3方向弁、4方向弁、ロータリー弁など、いわゆる流体の流れの切換機能を有する弁であれば何れでも良い。

[0032] 一方、エネルギー回収チャンバー11の海水ポートP2は、4個のチェック弁（逆止弁）からなるチェック弁モジュール15を介してブースターポンプ海水供給ライン6に接続されるとともにエネルギー回収装置海水供給ライン4に接続されている。また、エネルギー回収チャンバー12の海水ポートP2も4個のチェック弁（逆止弁）からなるチェック弁モジュール15を介してブースターポンプ海水供給ライン6に接続されるとともにエネルギー回収装置海水供給ライン4に接続されている。ブースターポンプ海水供給ライン6には、流量計FM3が設置されている。また、エネルギー回収装置海水供給ライン4には、流量計FM4が設置されている。各流量計FM1, FM2, FM3, FM4は、制御装置21に接続されており、各流量計FM1, FM2, FM3, FM4の測定値の積算等は制御装置21により行う。

[0033] 本発明のエネルギー回収装置において、エネルギー回収チャンバーへの濃縮海水と海水との給排水を制御する方法の一形態を説明する。本発明において用いられる制御方法は、一つの入力信号で複数の切換弁の開度及び切換弁の切換時間を制御することができる切換弁の運転制御方法である。

切換弁の開度（縦軸）と入力信号（横軸）との関係を図3に示す。図3に示すように、切換弁（VS-1, VS-2, VD-1, VD-2）に対する入力信号は-100（%）から+100（%）までの値をとり、縦軸に示す切換弁の開度は0から100までの範囲で変化する。すなわち切換弁VS-1, VS-2は全閉の0から全開の100の間で変化し、切換弁VD-1, VD-2は全閉の0から適宜設定する最大開度の間で変化する。

[0034] 図3に示す各切換弁（VS-1, VS-2, VD-1, VD-2）の開度

と入力信号値との関係を表す各グラフは、4種の設定値MO、LI、CC、DZを用いて後述する式で表される。

図3に示す4種の設定値MO、LI、CC、DZは、それぞれ以下のように決められる。すなわち、切換弁VS-1及びVS-2が全開（MAX OPENING）となるときの入力信号値の絶対値をMO、切換弁VD-1及びVD-2の最大開度（LIMIT）として設定する値をLI、両チャンバー11、12が連通している状態である両チャンバー連通域（CHAMBER CONNECT）の最大入力信号値又は最小入力信号値の絶対値をCC、切換弁VD-1及びVD-2の開度がゼロの領域（開度不感域と称する）（DEAD ZONE）であるときの最大入力信号値又は最小入力信号値の絶対値をDZとする。

図3から明らかなように、入力信号値が0であるときの縦軸を中心線として左右対称のグラフとなっており、図2に示す2組のチャンバー11、12に使用される4つの切換弁（VS-1、VS-2、VD-1、VD-2）について一つの入力信号で制御している。

各切換弁の開閉の度合いすなわち開度は、各切換弁に対して入力される台形波信号値IVの変化に伴い、それぞれ次のような式に従って変化する。

切換弁VS-1の開度変化の式・・・ $(100 / (CC + MO)) \times (-IV + CC)$

切換弁VS-2の開度変化の式・・・ $(100 / (CC + MO)) \times (IV + CC)$

切換弁VD-1の開度変化の式・・・ $(LI / (100 - DZ)) \times (IV - DZ)$

切換弁VD-2の開度変化の式・・・ $(LI / (100 - DZ)) \times (-IV - DZ)$

[0035] 各切換弁に対する入力信号は図3の横軸に示すように-100（%）から+100（%）の間の値をとるが、入力信号としての台形波について説明する。

図4に入力信号値 (input value) $I V$ と時間との関係を示す台形波信号を示す。台形波の形状は時間 $T 1$ と時間 $T 2$ とにより構成され、台形波としての入力信号 $I V$ は、各切換弁に対して $-100 (\%)$ から $+100 (\%)$ の間の値を示す。

時間 $T 1$ は、入力信号値 $I V$ を $0 \sim 100 \%$ 、 $100 \sim 0 \%$ 、 $0 \sim -100 \%$ 、 $-100 \sim 0 \%$ に変化させる時間であり、時間 $T 1$ を適宜設定することにより各切換弁の開閉に要する時間を調整することができる。

時間 $T 2$ は、入力信号値 $I V$ が 100% 及び -100% に到達した後の保持時間であり、時間 $T 2$ を適宜設定することにより各切換弁の開閉後の保持時間を調整することができる。

[0036] 次に、各切換弁への入力信号と各切換弁の連動動作を図5を用いて説明する。

図5は、切換弁の開度（縦軸）と入力信号（横軸）との関係を示している。図5の縦軸には切換弁の開度を示す $R (\%)$ 、 $T (\%)$ 、 $V (\%)$ を便宜上左端に示す。また図5の横軸には入力信号値 $I V$ の $S (\%)$ 、 $U (\%)$ を示す。各切換弁 ($V S - 1$ 、 $V S - 2$ 、 $V D - 1$ 、 $V D - 2$) は、入力信号に応じて、予め規定された設定値 ($M O$ 、 $L I$ 、 $C C$ 、 $D Z$) に基づき開度が変わる。

例えば、入力信号値が 0% の場合は、 $V S - 1$ 、 $V S - 2$ の開度はともに $R \%$ であり、 $V D - 1$ 、 $V D - 2$ の開度はともに 0% である。入力信号値が $S \%$ の場合は、 $V S - 1$ の開度は 0% になり、 $V S - 2$ の開度は $T \%$ になり、 $V D - 1$ 、 $V D - 2$ の開度はともに 0% である。また、入力信号値が $U \%$ の場合は、 $V S - 1$ の開度は 0% 、 $V S - 2$ の開度は $V \%$ であり、 $V D - 1$ 、 $V D - 2$ の開度は 0% である。入力信号値が 100% の場合は、 $V S - 1$ の開度は 0% 、 $V S - 2$ の開度は全開 (100%) であり、 $V D - 1$ の開度は最大開度 ($L I M I T$) であり、 $V D - 2$ の開度は 0% である。

[0037] 図3及び図5から明らかなように、入力信号値 $I V$ が 0% の場合、 $V S - 1$ 、 $V S - 2$ は $M O$ と $C C$ によって規定される開度（両グラフの交点に相当

）となり、 $VD-1$ 、 $VD-2$ は全閉である。入力信号値 I_V が $0\% \sim +100\%$ と変化する場合、 $VS-1$ は開度が小さくなり全閉になり、 $VD-1$ は開度が大きくなり $L1$ で規定される最大開度になり、 $VS-2$ は開度が大きくなり全開になり、 $VD-2$ は全閉である。入力信号値 I_V が $+100\%$ の場合は、 $VS-1$ は全閉であり、 $VD-1$ は $L1$ で規定される開度を保持し、 $VS-2$ は全開であり、 $VD-2$ は全閉である。入力信号値 I_V が $+100\% \sim 0\%$ と変化する場合、 $VS-1$ は全閉から MO と CC によって規定される開度になり、 $VD-1$ は $L1$ で規定される開度から全閉になり、 $VS-2$ は開度が小さくなり MO と CC によって規定される開度になり、 $VD-2$ は全閉である。

入力信号値 I_V が $0\% \sim -100\%$ と変化する場合、 $VS-1$ は MO と CC によって規定される開度から全開になり、 $VD-1$ は全閉であり、 $VS-2$ は開度が小さくなり全閉になり、 $VD-2$ は全閉から $L1$ で規定される開度になる。入力信号値が -100% の場合、 $VS-1$ は全開であり、 $VD-1$ は全閉であり、 $VS-2$ は全閉であり、 $VD-2$ は $L1$ で規定される開度を保持する。入力信号値 I_V が $-100\% \sim 0\%$ と変化する場合、 $VS-1$ は全開から MO と CC によって規定される開度になり、 $VD-1$ は全閉であり、 $VS-2$ は全閉から MO と CC によって規定される開度になり、 $VD-2$ は $L1$ で規定される開度から全閉になる。

[0038] 図6は、図2に示すエネルギー回収装置10におけるエネルギー回収工程を示す模式図であり、図5に示した入力信号値の変化に伴うエネルギー回収装置の状態を示す図である。図6における $S\%$ および $U\%$ は、図5の $S\%$ および $U\%$ と同一である。

[0039] 入力信号値 I_V が $-S\%$ から $+S\%$ の場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開、 $VS-2$ が開動作開始、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー11への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー11から高圧海水の吐出が継続され、エネルギー回収チャンバー12への濃縮海水の供給が開始されてエネルギー回収チャンバー12から高

圧海水の吐出が開始される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左に移動する。

[0040] 入力信号値 I_V が $+S\%$ から $+U\%$ の場合は、各切換弁は、 V_{S-1} が閉動作開始、 V_{S-2} が開、 V_{D-1} が閉、 V_{D-2} が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が停止されてエネルギー回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が停止され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では可動域の左端で停止し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左に移動する。

[0041] 入力信号値 I_V が $+U\%$ から 100% の場合は、各切換弁は、 V_{S-1} が閉、 V_{S-2} が開、 V_{D-1} が開動作開始、 V_{D-2} が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への低圧海水の供給が開始されてエネルギー回収チャンバー 11 から濃縮海水の排出が開始され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では左から右に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左に移動する。入力信号値が 100% の状態を所定時間 (T_2) 保持する。

[0042] 入力信号値 I_V が 100% で所定時間 (T_2) 状態を保持した後、入力信号値が 100% から $+U\%$ となる場合は、各切換弁は、 V_{S-1} が閉、 V_{S-2} が開、 V_{D-1} が開、 V_{D-2} が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への低圧海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 11 から濃縮海水の排出が継続され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では左から右に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左

に移動する。

[0043] 入力信号値 I_V が $+U\%$ から $+S\%$ の場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が閉、 $VS-2$ が開、 $VD-1$ が閉動作開始、 $VD-2$ が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への低圧海水の供給が停止されてエネルギー回収チャンバー 11 から濃縮海水の排出が停止され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では可動域の右端で停止し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左に移動する。

[0044] 入力信号値 I_V が $+S\%$ から $-S\%$ の場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開動作開始、 $VS-2$ が開、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が開始されてエネルギー回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が開始され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では右から左に移動する。

[0045] 入力信号値 I_V が $-S\%$ から $-U\%$ の場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開、 $VS-2$ が閉動作開始、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が閉の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が継続され、エネルギー回収チャンバー 12 への濃縮海水の供給が停止されてエネルギー回収チャンバー 12 から高圧海水の吐出が停止される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では可動域の左端で停止する。

[0046] 入力信号値 I_V が $-U\%$ から -100% の場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開、 $VS-2$ が閉、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が開動作開始の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー

回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が継続され、エネルギー回収チャンバー 12 への低圧海水の供給が開始されてエネルギー回収チャンバー 12 から濃縮海水の排出が開始される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では左から右に移動する。入力信号値が -100% の状態を所定時間 (T_2) 保持する。

[0047] 入力信号値 I_V が -100% で所定時間 (T_2) 状態を保持した後、入力信号値が -100% から $-U\%$ となる場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開、 $VS-2$ が閉、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が開の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が継続され、エネルギー回収チャンバー 12 への低圧海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 12 から濃縮海水の排出が継続される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では左から右に移動する。

[0048] 入力信号値 I_V が $-U\%$ から $-S\%$ となる場合は、各切換弁は、 $VS-1$ が開、 $VS-2$ が閉、 $VD-1$ が閉、 $VD-2$ が閉動作開始の状態であり、エネルギー回収チャンバー 11 への濃縮海水の供給が継続されてエネルギー回収チャンバー 11 から高圧海水の吐出が継続され、エネルギー回収チャンバー 12 への低圧海水の供給が停止されてエネルギー回収チャンバー 12 から濃縮海水の排出が停止される。このとき、濃縮海水と海水の界面は、エネルギー回収チャンバー 11 では右から左に移動し、エネルギー回収チャンバー 12 では可動域の右端で停止する。

[0049] 図 7 は、入力信号値 I_V を $\pm 100\%$ の範囲で台形波の形態で変化させた場合の切換弁の開閉動作を示す図である。図 7 に示すように、各切換弁に対する入力信号に応じて各切換弁 ($VS-1$, $VS-2$, $VD-1$, $VD-2$) は所定の動作を行う、すなわち一つの入力信号に反応して複数の切換弁がそれぞれ独自の動作を行う。図 7 の上段のグラフは各切換弁に対して入力さ

れる台形波信号を示し、中段のグラフは切換弁 $V S - 1$ （太い実線）と切換弁 $V S - 2$ （太い点線）の開閉動作を示し、下段のグラフは切換弁 $V D - 1$ （太い実線）と切換弁 $V D - 2$ （太い点線）の開閉動作を示している。

図 7 の上段のグラフに示すように、台形波の形状は時間 $T 1$ と時間 $T 2$ とにより構成され、台形波としての入力信号 $I V$ は、各切換弁に対して -100 （％）から $+100$ （％）の間の値を示す。時間 $T 1$ は、入力信号値 $I V$ を $0 \sim 100$ ％、 $100 \sim 0$ ％、 $0 \sim -100$ ％、 $-100 \sim 0$ ％に変化させる時間であり、時間 $T 1$ を適宜設定することにより各切換弁の開閉に要する時間を調整することができる。時間 $T 2$ は、入力信号値 $I V$ が 100 ％及び -100 ％に到達した後の保持時間であり、時間 $T 2$ を適宜設定することにより各切換弁の開閉後の保持時間を調整することができる。

[0050] 図 7 の中段のグラフに示すように、切換弁 $V S - 1$ は、閉動作を継続し、全閉状態になった後に所定時間全閉状態を継続し、その後開動作を開始し、最大開度状態になった後その状態を所定時間継続する。その後閉動作に入り、一連の動作を繰り返す。切換弁 $V S - 2$ は、開動作を継続し、最大開度状態になった後その状態を所定時間継続し、その後閉動作に入り、全閉になった後所定時間全閉状態を継続する。その後開動作を開始し、一連の動作を繰り返す。切換弁 $V S - 1$ 、 $V S - 2$ の動作における最大開度の状態を継続する所定時間は時間 $T 2$ よりも長い時間であり、全閉状態を継続する所定時間は最大開度状態の継続時間よりも長い時間である。

[0051] 図 7 の下段のグラフに示すように、切換弁 $V D - 1$ は、全閉状態が続いた後開動作を開始し、予め設定された最大開度（ $L I M I T$ ）に達した後に時間 $T 2$ が経過するまで開状態を継続し、その後閉動作を開始し、全閉状態になった後、この全閉状態を入力信号が開度不感域（ $D E A D \quad Z O N E$ ）である間継続する。以上を $1 / 2$ サイクルとすると、次の $1 / 2$ サイクルでは、切換弁 $V D - 2$ が同様の動作を行う。すなわち、切換弁 $V D - 2$ は、全閉状態が続いた後開動作を開始し、予め設定された最大開度（ $L I M I T$ ）に達した後に時間 $T 2$ が経過するまで開状態を継続し、その後閉動作を開始し

、全閉状態になった後、この全閉状態を入力信号が開度不感域（DEAD ZONE）である間継続する。

[0052] 図8は、切換弁に対する入力信号と、切換弁VS-1, VS-2の開閉動作、切換弁VD-1, VD-2の開閉動作、エネルギー回収チャンバー11, 12への吸入海水流量及びエネルギー回収チャンバー11, 12への吸入濃縮海水流量との関係を示す各グラフである。図8における上から3つの各グラフは、図7に示す3つのグラフと同じものであるため、説明は省略する。図8における最下段のグラフは、切換弁に対する入力信号値の変化に対応して各切換弁が図8に示す開閉状態にあるときのエネルギー回収チャンバー11, 12への吸入海水流量及び吸入濃縮海水流量を示す。図8の最下段のグラフに示すように、チャンバー吸入海水流量は台形状の変化を繰り返し、チャンバー吸入濃縮海水流量は全工程において一定である。

なお、ここで、前記チャンバー吸入海水流量とチャンバー排出濃縮海水流量が同一の変化をし、前記チャンバー吸入濃縮海水流量とチャンバー吐出海水流量が同一の変化をする。

[0053] すなわち、入力信号とエネルギー回収チャンバー11, 12への吸入海水流量との関係は以下の通りである。

入力信号が0のときエネルギー回収チャンバー11への吸入海水流量は0であり、入力信号値がU%（図5参照）になったとき、すなわち開度不感域（DEAD ZONE）を超えた時点でエネルギー回収チャンバー11への海水吸入を開始し、入力信号が+100になる時点でエネルギー回収チャンバー11への海水吸入は一定流量となり、入力信号が+100の間（時間T2の間）一定流量を保持する。入力信号が+100から減り始めるとエネルギー回収チャンバー11への海水吸入も減少し、入力信号値がU%になると海水吸入を終了する。入力信号値が-U%になるまで吸入海水流量は0であり、入力信号値が-U%より減少するとエネルギー回収チャンバー12への海水吸入を開始し、入力信号が-100になる時点でエネルギー回収チャンバー12への海水吸入は一定流量となり、入力信号が-100の間（時間T

2の間)一定流量を保持する。入力信号が -100 から増え始めるとエネルギー回収チャンバー12への海水吸入も減少し、入力信号値が $-U\%$ の時点で海水吸入を終了する。入力信号値が $-U\%$ から0になるまで吸入海水流量は0である。入力信号値が0から次に0になるまでのサイクルが $1/2$ 周期である。

[0054] 一方、入力信号とエネルギー回収チャンバー11, 12への吸入濃縮海水流入との関係は以下の通りである。

入力信号値が0であるときは、エネルギー回収チャンバー11, 12へ同時に濃縮海水が吸入され、入力信号値が $S\%$ になった時点でエネルギー回収チャンバー11への濃縮海水吸入は停止するが、エネルギー回収チャンバー12へは継続して濃縮海水が吸入される。切換弁 $VS-2$ の開度が最大開度になった時点で濃縮海水吸入量は一定となり、その後入力信号値が $+100\%$ である間(時間 $T2$ の間)濃縮海水吸入量は一定である。入力信号値が $+100\%$ から減少しはじめ切換弁 $VS-2$ の開度が最大開度である時点まではチャンバー12への濃縮海水吸入量は一定であり、その後吸入量は減少するが、入力信号値が $S\%$ になった時点でチャンバー11への濃縮海水の吸入が開始する。入力信号値が $S\%$ から $-S\%$ までの間は両チャンバー11, 12に濃縮海水が吸入される。入力信号値が $-S\%$ でチャンバー12への濃縮海水吸入は停止するがエネルギー回収チャンバー11へは継続して濃縮海水が吸入される。切換弁 $VS-1$ の開度が最大開度になった時点で濃縮海水吸入量は一定となり、その後入力信号値が -100% である間(時間 $T2$ の間)濃縮海水吸入量は一定である。入力信号値が -100% から増加しはじめ切換弁 $VS-1$ の開度が最大開度である時点まではチャンバー11への濃縮海水吸入量は一定であり、その後吸入量は減少するが、入力信号値が $-S\%$ になった時点でチャンバー12への濃縮海水の吸入が開始する。入力信号値が $-S\%$ から0($+S\%$)までの間は両チャンバー11, 12に濃縮海水が吸入される。入力信号値と各チャンバーへの濃縮海水の吸入状態は以上のような態様をとるが、図示されるように、チャンバーへの吸入濃縮海水流量は常

に一定である。

[0055] 次に、本発明のエネルギー回収装置 10 において、図 6 及び図 8 に示すようなエネルギー回収装置の動作を実現する制御方法について説明する。

(1) 入力信号値 $I V$ の範囲を図 6 に示すように $\pm S\%$ 、 $\pm U\%$ 、 $\pm 100\%$ で区切り、10 通りで表す。

入力信号値 $I V$ が $-S\% \sim +S\%$ の場合と入力信号値 $I V$ が $+S\% \sim -S\%$ の場合において、濃縮海水と海水の接触界面は、同時に海水昇圧の工程になる。

これにより、エネルギー回収装置からブースターポンプに吐出される昇圧海水の脈動の抑制が可能となる。

(2) 濃縮海水排出側（海水供給側）の切換弁 $V D - 1$ 、 $V D - 2$ の最大開度の設定（制御）は、エネルギー回収装置へ供給する濃縮海水の積算流量 $\leq$ エネルギー回収装置へ供給する海水の積算流量になるようにし、かつ、両積算流量の差も調節可能にする。

これにより、下記を実現する。

- 1) 濃縮海水がエネルギー回収装置からブースターポンプに流入しない。
- 2) 海水がエネルギー回収装置から必要以上に排出されない。

また、切換弁 $V D - 1$ 、 $V D - 2$ の最大開度（ $L I M I T$ ）を適宜設定することにより、エネルギー回収装置へ供給する濃縮海水の積算流量とエネルギー回収装置へ供給する海水の積算流量を自在に調整することが可能となる。

[0056] 次に、上記制御方法すなわち入力信号値を変化させることにより各切換弁を切替えるタイミングと、供給濃縮海水流量及び供給海水流量の自動調整について具体的に説明する。エネルギー回収装置の運転においては、各切換弁に対して以下の自動調整を行うことができる。

(1) 各切換弁の切換時間の調整について

ここで各切換弁の切換時間とは図 7 及び図 8 に示す時間 $T 1$ 及び時間 $T 2$ を指す、すなわち入力信号の台形波の形状を決定する要素である。

図 7 及び図 8 の上段のグラフに示すように、 $1/2$ 周期において入力信号値が 0 % と + 1 0 0 % との間の値をとるとき、すなわち時間 T_1 のときには、いずれかの切換弁が開閉動作を行っている時間である。この時間 T_1 の間は、チャンバーに吸入（供給）される濃縮海水（または海水）の流量は一定ではないため、この一定でない流量に基づいてチャンバーが濃縮海水（または海水）で満水になる時間を予測することはできない。

一方、入力信号値が + 1 0 0 % の値を保持する時間、すなわち時間 T_2 のときには、いずれの切換弁も開又は閉の状態にあって開閉動作を行うことはない。そのため、チャンバーに吸入（供給）される濃縮海水（または海水）の流量は一定であり、この一定流量に基づけばチャンバーが濃縮海水（または海水）で満水になる時間を予測できる。次の $1/2$ 周期においても同様である。

[0057] 1) 切換弁の切換時間（時間 T_1 及び T_2 ）の設定の第 1 の態様

i) 切換弁の切換時間 T_1 を所定値に設定する。

ii) 時間 T_2 は、エネルギー回収チャンバーの容積と濃縮海水の流入量から、予めエネルギー回収チャンバーが濃縮海水で満水になるまでの時間を計算して設定する。

この際、濃縮海水のブースターポンプへの流入を確実に回避するために、例えば、計算時にエネルギー回収チャンバーの容積を実容積よりも数～数十 % 小さくするか、もしくは算出された時間の数～数十 % 短い時間に設定するなどの方法が挙げられる。

[0058] 2) 切換弁の切換時間（時間 T_1 及び T_2 ）の設定の第 2 の態様

i) 切換弁の切換時間 T_1 を所定値に設定する。

ii) 時間 T_2 は、流量計 FM_1 にて測定される濃縮海水流量に応じて自動で設定する。

すなわち、切換弁 $VS-1$ もしくは $VS-2$ が開き始めた時点から流量計 FM_1 の測定値の積算を開始し、当該積算値がエネルギー回収チャンバーの実容積の所定の割合（80 – 90 %）（初期設定値）に到達したら、切換弁

V S - 1 もしくは V S - 2 が閉じるように入力信号値を変化させる。なお、流量計 F M 1 にて測定される吸入濃縮海水流量と流量計 F M 3 にて測定される吐出海水流量とは等しいので、流量計 F M 3 を用いてもよい。

動作は以下ようになる。

図 6 における右最上段に示されるように切換弁 V S - 1 が開き始めた時点からチャンバー 1 1 への濃縮海水流量の積算を開始し、積算値がエネルギー回収チャンバーの実容積の所定の割合（80 - 90 %）に到達したら、時間 T 2 を終了し切換弁 V S - 1 を閉じる。

図 6 における左最上段に示されるように V S - 2 が開き始めた時点からチャンバー 1 2 への濃縮海水流量の積算を開始し、積算値がエネルギー回収チャンバーの実容積の所定の割合（80 - 90 %）に到達したら、時間 T 2 を終了し切換弁 V S - 2 を閉じる。

[0059] 上述したように、切換時間 T 2 の調整方法は、切換弁 V S - 1 もしくは V S - 2 の開き始めから閉じ終わりまでの間のエネルギー回収装置への供給濃縮海水の流量の積算を行い、この積算流量値がエネルギー回収チャンバーの容積（またはチャンバーの実容積の所定割合）以上であれば、時間 T 2 を次の周期で短くし、この積算流量値がエネルギー回収チャンバーの容積（またはチャンバーの実容積の所定割合）以下であれば、時間 T 2 を次の周期で長くする。

時間 T 2 の次周期での増減量は予め設定しておいても良いし、エネルギー回収チャンバー容積との偏差量に応じて増減量を変化させても良い、すなわち偏差量が大きい場合は増減量を大きくし、偏差量が小さい場合は増減量を小さくする。

[0060] （2）濃縮海水排出側（海水供給側）の切換弁 V D - 1, V D - 2 の開度の調節（制御）方法について

切換弁 V D - 1, V D - 2 の最大開度（L I M I T）を自動調節して、エネルギー回収チャンバーへの供給濃縮海水の水量と供給海水の水量のバランスをとる方法である。

図8の最下段のグラフにエネルギー回収チャンバーへの供給海水流量及びエネルギー回収チャンバーへの供給濃縮海水流量を示す。

エネルギー回収チャンバーへの供給海水流量についてみると、時間T1の間は、エネルギー回収チャンバーへの吸入海水流量は一定ではなく増減し、時間T2の間は、吸入海水流量は最大で一定量であり、切換弁VD-1およびVD-2が全閉となる入力信号値が0~U%の間及び0~-U%の間（図5参照）では、吸入海水流量は0になる。

一方、エネルギー回収チャンバーへの吸入濃縮海水流量は一定である。

ここで、エネルギー回収装置へ供給される濃縮海水がブースターポンプへ流入しない条件としては、各チャンバー内に導入、導出する濃縮海水の水量と海水の水量を同一にする必要がある。

[0061] 図8の最下段のグラフに示すように、1/2周期（A）において、チャンバーに濃縮海水が吸入され、このときの吸入濃縮海水流量の積算値は矩形状の面積Aになる。一方、入力信号値がU~100%（または-U~-100%）の値をとるときにはチャンバーに海水が吸入され、このときの吸入海水流量の積算値は台形状の面積Bになる。エネルギー回収装置へ供給される濃縮海水がブースターポンプへ流入しない条件としては、面積Aと面積Bとを等しくする必要がある。次の1/2周期（B）においても同様である。本方策を採らなければ、エネルギー回収チャンバー内は次第に濃縮海水のみで満たされ、ひいては濃縮海水がブースターポンプへ流入して逆浸透膜（RO膜）へ導入され、脱塩率を低下させたり、逆浸透膜（RO膜）の劣化を促進させる。

[0062] そこで、本発明においては、エネルギー回収装置における濃縮海水と海水の給排水過程での各チャンバーの供給濃縮海水の積算値と供給海水の積算値が下記の条件になるように切換弁VD-1およびVD-2の開度を制御する。

エネルギー回収装置への供給海水流量の積算値 $\geq$ エネルギー回収装置への供給濃縮海水流量の積算値

これにより、常に濃縮海水がブースターポンプへ流入することがない状態を維持できる。

また、エネルギー回収装置への供給濃縮海水のエネルギー（圧力、流量）が損失しないようにするため、エネルギー回収装置の供給濃縮海水側の切換弁 $VS-1$ 、 $VS-2$ の開度は基本的に全開とする。

また、上記の条件にかかわらず、エネルギー回収装置への供給海水流量とエネルギー回収装置への供給濃縮海水流量を切換弁 $VD-1$ 、 $VD-2$ の開度を制御することにより調整することも可能である。

[0063] 図8の最下段のグラフには、切換弁の工程動作における $1/2$ 周期間でエネルギー回収装置への供給濃縮海水の積算値と供給海水（排出濃縮海水）の積算値を比較し、切換弁 $VD-1$ 、 $VD-2$ の開度を自動的に制御する工程をあわせて示している。

図8にはさらに、入力信号の台形波、切換弁 $VS-1$ 、 $VS-2$ の開閉動作、切換弁の $VD-1$ 、 $VD-2$ の開閉動作を示す。これらの動作は、図7において説明したとおりである。

[0064] 図8の最下段のグラフは、入力信号値の変化に伴うエネルギー回収装置への吸入濃縮海水流量、吸入海水流量を示す。

1) $1/2$ 周期 (A) において、入力信号値が 0% (切換弁 $VS-1$ が開の状態) の時点から、エネルギー回収装置への吸入濃縮海水流量を測定する流量計 FM1 の測定値の積算を開始する。なお、流量計 FM1 にて測定される吸入濃縮海水流量と流量計 FM3 にて測定される吐出海水流量とは等しいので、流量計 FM3 を用いてもよい。

これと同時に、エネルギー回収装置への吸入海水流量を測定する流量計 FM4 の測定値の積算を開始する。なお、流量計 FM4 にて測定される吸入海水流量と流量計 FM2 にて測定される排出濃縮海水流量とは等しいので、流量計 FM2 を用いてもよい。

2) $1/2$ 周期 (A) の終了時点で、吸入濃縮海水流量の積算および吸入海水流量の積算を終了する。このときの吸入濃縮海水流量の積算値は矩形状の

面積 A になり、吸入海水流量の積算値は台形状の面積 B になる。次の 1 / 2 周期 (B) においても同様に積算値を得る。

3) 次に、吸入濃縮海水流量の積算値と吸入海水流量の積算値とを比較し、エネルギー回収装置への供給海水流量の積算値 $\geq$ エネルギー回収装置への供給濃縮海水流量の積算値になるように、次の 1 / 2 周期 (A) で切換弁 V D - 1, V D - 2 の開度を自動調整する。

すなわち、1 / 2 周期 (A) の積算値比較結果を次の 1 / 2 周期 (A) に反映する。つまり、積算値比較結果を反映させて切換弁 V D - 2 の最大開度 (L I M I T) を調整 (制御) する。

なお、切換弁 V D - 1, V D - 2 の最大開度 (L I M I T) の増減量は、あらかじめ決めた値 (設定値) を用いても良いし、積算値の比較結果により変化させても良い。つまり、積算値の差が大きければ、増減量を大きくし、積算値の差が小さければ増減量を小さくするなどの方法を用いても良い。

[0065] 1 / 2 周期 (B) の積算値比較結果を次の 1 / 2 周期 (B) に反映する。つまり、積算値比較結果を反映させて切換弁 V D - 1 の最大開度 (L I M I T) を調整 (制御) する。

4) 入力信号値が 0 から + 1 0 0 % に増加し再び 1 0 0 から 0 % に減少する間 (または 0 から - 1 0 0 % に減少し再び - 1 0 0 から 0 % に増加する間) において、切換弁 V S - 1, V S - 2 の開き始めから閉じ終わりまでの、各々 1 / 2 周期間にて、上記 1) ~ 3) の制御を行う。

なお、手順 3) における条件を確実に満たすために、エネルギー回収装置への供給濃縮海水流量の積算値に予め設定した係数を掛けた上で、上記の条件だしを行うこともありうる。

[0066] 図 9 は、本発明におけるエネルギー回収装置の動作を実現する制御方法の手順を示すフローチャートである。

図 9 に示す態様においては、エネルギー回収装置 (E R D) の運転制御を開始し、エネルギー回収装置への供給濃縮海水流量を測定する流量計 F M 1 のカウンタをリセットする。なお、流量計 F M 1 を流量計 F M 3 に置き換え

てもよい。また、エネルギー回収装置への供給海水流量を測定する流量計 F M 4 のカウンタをリセットする。なお、流量計 F M 4 を流量計 F M 2 に置き換えてもよい。そして、各切換弁を駆動する台形波信号を入力する。入力信号値が 0 % であるか否かを判断し、入力信号値が 0 % の時点（両チャンバーに濃縮海水が供給されている状態）で濃縮海水の流量と海水の流量の積算を開始する。これらの流量の積算を入力信号値が再び 0 % になるまで行う。次に濃縮海水の積算流量とチャンバーの実容積の所定の割合（例えば 80 ~ 90 %）とを比較し、濃縮海水の積算流量がチャンバーの実容積の所定の割合よりも大きいかな否かを判断し、Y E S の場合には時間 T 2 を予め決めた割合で短くする。N O の場合には、時間 T 2 設定（後述する）に移行し新たに時間 T 2 を設定する。その後必要に応じて切換弁 V D - 1 , V D - 2 の最大開度設定を行い、台形波信号入力に戻る。

[0067] 図 10 は、図 9 に示す時間 T 2 設定の手順を示すフローチャートである。

時間 T 2 設定は、濃縮海水の積算流量とチャンバーの実容積の所定割合（例えば 80 ~ 90 %）とを比較し、濃縮海水の積算流量がチャンバーの実容積の所定の割合よりも小さい場合に、時間 T 2 を改めて設定する。すなわち、図 10 に示すように、流量計 F M 1 により得られた濃縮海水の流量積算値（ V_{bi} ）とチャンバーの実容積の所定割合（ V_c ）とを比較し、 $V_{bi} - V_c$ の絶対値が予め規定した範囲（ ΔV_o ）外かな否かを判断し、範囲（ ΔV_o ）内の場合（N O の場合）は T 2 を変更しないでそのままの時間 T 2 を設定する。予め規定した範囲（ ΔV_o ）外である場合（Y E S の場合）は、濃縮海水の積算流量値を増加させるように、時間 T 2 を予め規定した割合で長くして時間 T 2 の設定を終了する。

[0068] 図 11 は、図 9 に示す切換弁 V D - 1 , V D - 2 の最大開度（L I M I T）設定の手順を示すフローチャートである。

図 11 においては、流量計 F M 1 により得られた濃縮海水の流量積算値（ V_{bi} ）と流量計 F M 4 により得られた海水の流量積算値（ V_{si} ）とを比較し、 $V_{bi} - V_{si} < 0$ であるかな否かを判断し、N O の場合（ V_{bi} が V_{si}

s i より多いか等しい場合)は、供給海水流量を増やす必要があるため、最大開度 (L I M I T) を予め規定した度合いで大きくする。Y E S の場合 (V b i が V s i より少ない場合)は、 $V b i - V s i$ の絶対値が予め規定した範囲 ($\Delta V i$) 外か否かを判断し、範囲外の場合 (Y E S の場合)には、切換弁 V D - 1, V D - 2 の最大開度 (L I M I T) を予め規定した度合い (%) で小さくして最大開度設定を終了し、範囲内の場合 (N O の場合)には、切換弁 V D - 1, V D - 2 の最大開度 (L I M I T) をそのままにして最大開度設定を終了する。

[0069] エネルギー回収チャンバー内の流体を動作させる目的でチャンバー 1 つ当たり 2 つの切換弁を用いる。従来の運転制御方法では、各切換弁の開閉動作は、予め各切換弁の開閉順序を決めておき、その順序に従って切換弁の開閉動作を行っていた。しかしながら、エネルギー回収装置の実際のプラントでの使用時には、エネルギー回収装置は多数同時に使用される。この場合、複数の切換弁の開閉順序を予め決めておくには多くの時間を要するという問題がある。また複数の切換弁の開閉順序の決定に誤りを誘発しやすく、誤りがあった場合にエネルギー回収装置の機能が失われるのみならず、プラント全体に悪影響を及ぼしてしまう。例えば、誤って各エネルギー回収装置の濃縮海水供給側の全ての切換弁を全閉にするステップを形成した場合、ブースターポンプの閉じ込み運転を行うことになりブースターポンプの故障につながる。また、逆浸透膜分離装置への供給流量が低下し、必要とする淡水流量が得られなくなる。

[0070] これに対して、本発明では 1 種の入力信号で複数の切換弁を連動させることが可能であり、複数の切換弁の開閉順序を予め決める必要がなく時間の節約になり、また複数の切換弁の開閉順序の誤りに基づく問題の発生を回避できる。すなわち、各チャンバーに設置される 2 つの切換弁の開閉状態を開度で示し、切換弁の開度と入力する信号値の関係を切換弁設定値を用いて表している。上述した実施形態においては、2 本のチャンバーにおける 2 組の切換弁すなわち 4 つの切換弁の開度と入力信号値の関係を利用している。

[0071] 次に、切換弁設定値を設定し位相差を持たせた入力信号による運転制御方法を説明する。

図12A、12Bは、一組の切換弁に対する入力信号と切換弁の動作を示すグラフ及び位相差を持たせた入力信号を示す図である。

エネルギー回収チャンバー内の流体を動作させる目的においては、チャンバー1つ当たり2個の切換弁VS、VDを用いる。図12Aに示すように、切換弁の開閉設定値CC、DZ、MO、LIを設定し、各切換弁VS、VDの開閉の度合いすなわち開度は、各切換弁に対して入力される台形波信号値IVの変化に伴い、それぞれ次のような式に従って変化する。

切換弁VSの開度変化の式・・・ $(100 / (CC + MO)) \times (IV + CC)$

切換弁VDの開度変化の式・・・ $(LI / (100 - DZ)) \times (-IV - DZ)$

入力信号は、ここでは台形波信号の形態を設定する。

図12Bに示すように、前記入力信号が第1の切換弁のペアに対する入力信号だとすると、時間的に位相差をもたせて第2の切換弁のペア、第3の切換弁のペアというように複数の切換弁のペアに対して入力することにより、チャンバーが複数になっても複数組の切換弁を連動させることができる。この場合の位相差は予め設定しておく。

さらに、前述した実施形態のように、一つの入力信号で2個のチャンバーの2組の切換弁を連動して動作させるようにし、この入力信号を位相差を持たせて入力することも可能である。

[0072] これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことはいうまでもない。例えば、本発明は、図13に示すようなピストンを有した形態のエネルギー回収チャンバーにも適用できることは勿論である。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明は、海水から塩分を除去して海水を淡水化する海水淡水化システムおよび該海水淡水化システムに好適に用いられるエネルギー回収装置に利用可能である。

符号の説明

- [0074]
- 1 前処理装置
 - 2 送水ポンプ
 - 3 高圧ポンプライン
 - 4 エネルギー回収装置海水供給ライン
 - 5 高圧ポンプ
 - 6 ブースターポンプ海水供給ライン
 - 7 ブースターポンプ
 - 8 逆浸透膜分離装置
 - 8 a 逆浸透膜（RO膜）
 - 9 濃縮海水ライン
 - 10 エネルギー回収装置
 - 11, 12 エネルギー回収チャンバー
 - 15 チェック弁モジュール
 - 16 濃縮海水排出ライン
 - 20 切換装置
 - 21 制御装置
 - FM1, FM2, FM3, FM4 流量計
 - P1 濃縮海水ポート
 - P2 海水ポート
 - VS-1, VS-2, VD-1, VD-2 切換弁

請求の範囲

- [請求項1] ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、
- 濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、
- 前記チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第1流量計と、
- 前記チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第2流量計と、
- 前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも1つの切換弁と、
- 前記第1流量計および／または前記第2流量計の流量に基づき前記チャンバーの積算流量を求めて該積算流量に基づいて前記複数のチャンバーの各切換弁を制御する制御装置とを備え、
- 前記制御装置は前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御することを特徴とするエネルギー回収装置。
- [請求項2] 前記単一の入力信号によって前記各切換弁の開度および切換時間を制御可能であることを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。
- [請求項3] 前記単一の入力信号として台形波を用いることを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。
- [請求項4] 前記各切換弁の開度は、予め規定された設定値に基づき前記入力信号に対して変化するように設定されていることを特徴とする請求項1

乃至3のいずれか1項に記載のエネルギー回収装置。

[請求項5] 前記制御装置は、前記第1流量計または前記第2流量計による前記チャンバーの積算流量が所定値に到達したときに前記チャンバーの前記切換弁の切換を行うように制御することを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。

[請求項6] 前記チャンバーの実容積の所定の割合から算定される値で前記切換弁の切換を行うことを特徴とする請求項5記載のエネルギー回収装置。

[請求項7] 前記制御装置は、前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と前記チャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値とを比較して、前記チャンバーから排出される濃縮海水の流量を制御することを特徴とする請求項1に記載のエネルギー回収装置。

[請求項8] 前記制御装置は、前記チャンバーへの海水の流入量の積算値が前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と等しく、もしくは、多くなるように、前記切換弁を制御することを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。

[請求項9] 前記制御装置は、複数のチャンバーから昇圧された海水を同時に排出する工程を含むように前記各切換弁を制御することを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。

[請求項10] ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、

濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、

前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくと

も 1 つの切換弁と、

前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御する制御装置とを備えたことを特徴とするエネルギー回収装置。

[請求項11]

ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムにおいて、

前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するのに利用する請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のエネルギー回収装置を備えたことを特徴とする海水淡水化システム。

補正された請求の範囲
[2014年7月1日(01.07.2014)国際事務局受理]

〔請求項1〕 ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、

濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、

前記チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第1流量計と、

前記チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第2流量計と、

前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも1つの切換弁と、

前記第1流量計および／または前記第2流量計の流量に基づき前記チャンバーの積算流量を求めて該積算流量に基づいて前記複数のチャンバーの各切換弁を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御することを特徴とするエネルギー回収装置。

〔請求項2〕 前記単一の入力信号によって前記各切換弁の開度および切換時間を制御可能であることを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。

〔請求項3〕 前記単一の入力信号として台形波を用いることを特徴とする請求項1記載のエネルギー回収装置。

〔請求項4〕 前記各切換弁の開度は、予め規定された設定値に基づき前記入力信号に対して変化するように設定されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載

〔請求項 5〕 前記制御装置は、前記第 1 流量計または前記第 2 流量計による前記チャンバーの積算流量が所定値に到達したときに前記チャンバーの前記切換弁の切換を行うように制御することを特徴とする請求項 1 記載のエネルギー回収装置。

〔請求項 6〕 前記チャンバーの実容積の所定の割合から算定される値で前記切換弁の切換を行うことを特徴とする請求項 5 記載のエネルギー回収装置。

〔請求項 7〕 前記制御装置は、前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と前記チャンバーからの濃縮海水の排出量の積算値とを比較して、前記チャンバーから排出される濃縮海水の流量を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のエネルギー回収装置。

〔請求項 8〕 前記制御装置は、前記チャンバーへの海水の流入量の積算値が前記チャンバーへの濃縮海水の流入量の積算値と等しく、もしくは、多くなるように、前記切換弁を制御することを特徴とする請求項 1 記載のエネルギー回収装置。

〔請求項 9〕 前記制御装置は、複数のチャンバーから昇圧された海水を同時に排出する工程を含むように前記各切換弁を制御することを特徴とする請求項 1 記載のエネルギー回収装置。

〔請求項 10〕 ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、

濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、

前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも 1 つの切換弁と、

前記複数のチャンバーの各切換弁に単一の入力信号を入力して前記各切換弁を制御する制御装置とを備えたことを特徴とするエネルギー回収装置。

〔請求項 1 1〕 ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムにおいて、

前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するのに利用する請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のエネルギー回収装置を備えたことを特徴とする海水淡水化システム。

〔請求項 1 2〕（追加） ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、

濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、

前記チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第 1 流量計と、

前記チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第 2 流量計と、

前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも 1 つの切換弁と、

前記第 1 流量計および前記第 2 流量計の流量に基づき前記チャンバーの積算流量を求めて、各々の該積算流量の比較に基づいて前記複数のチャンバーの各切換弁を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は前記複数のチャンバーの各切換弁に入力信号を入力して前記各切換弁を制御することを特徴とするエネルギー回収装置

〔請求項 1 3〕（追加） ポンプによって昇圧した海水を逆浸透膜分離装置に通水して淡水と濃縮海水に分離して海水から淡水を生成する海水淡水化システムに設けられ、前記逆浸透膜分離装置から吐出される濃縮海水の圧力エネルギーを前記海水の一部を昇圧するエネルギーに利用するエネルギー回収装置において、

濃縮海水および海水を給排水して濃縮海水の圧力エネルギーによって海水を昇圧する複数のチャンバーと、

前記チャンバーに流入する海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第 1 流量計と、

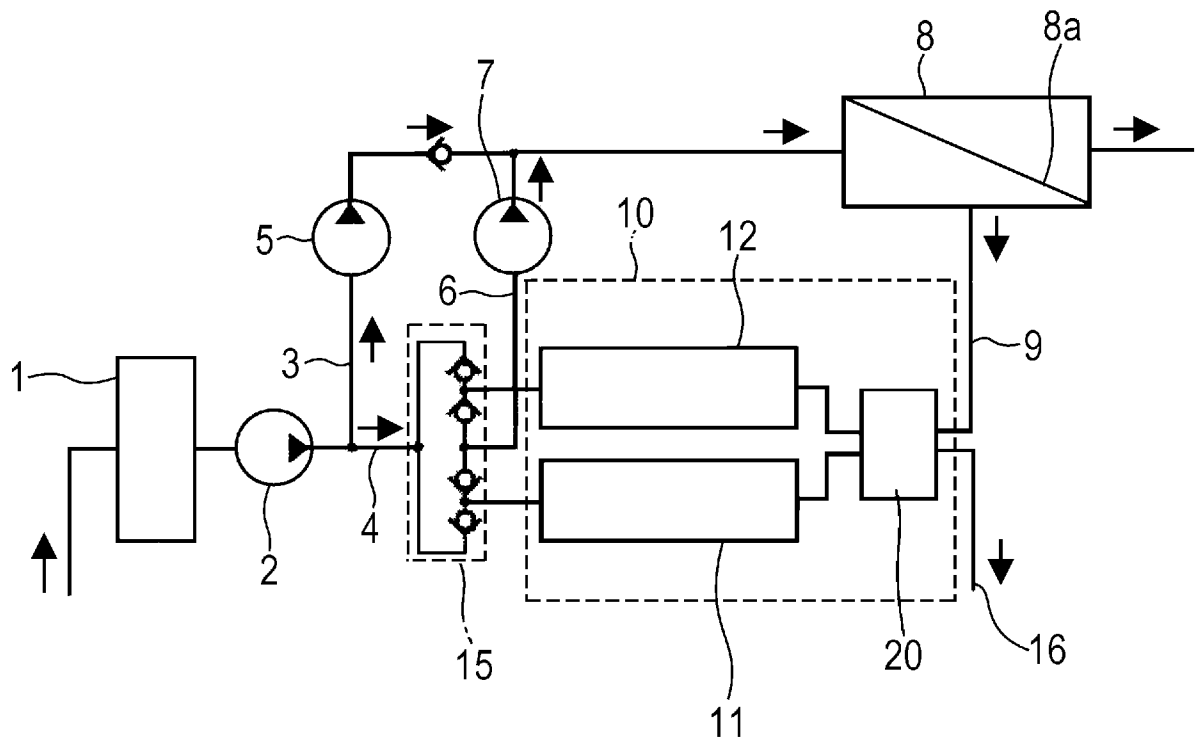
前記チャンバーから排出される海水または濃縮海水の流量を積算するために用いる第 2 流量計と、

前記複数のチャンバーの各々に設置され、各チャンバーへの濃縮海水の流入と各チャンバーからの濃縮海水の排出を切り換える少なくとも 1 つの切換弁と、

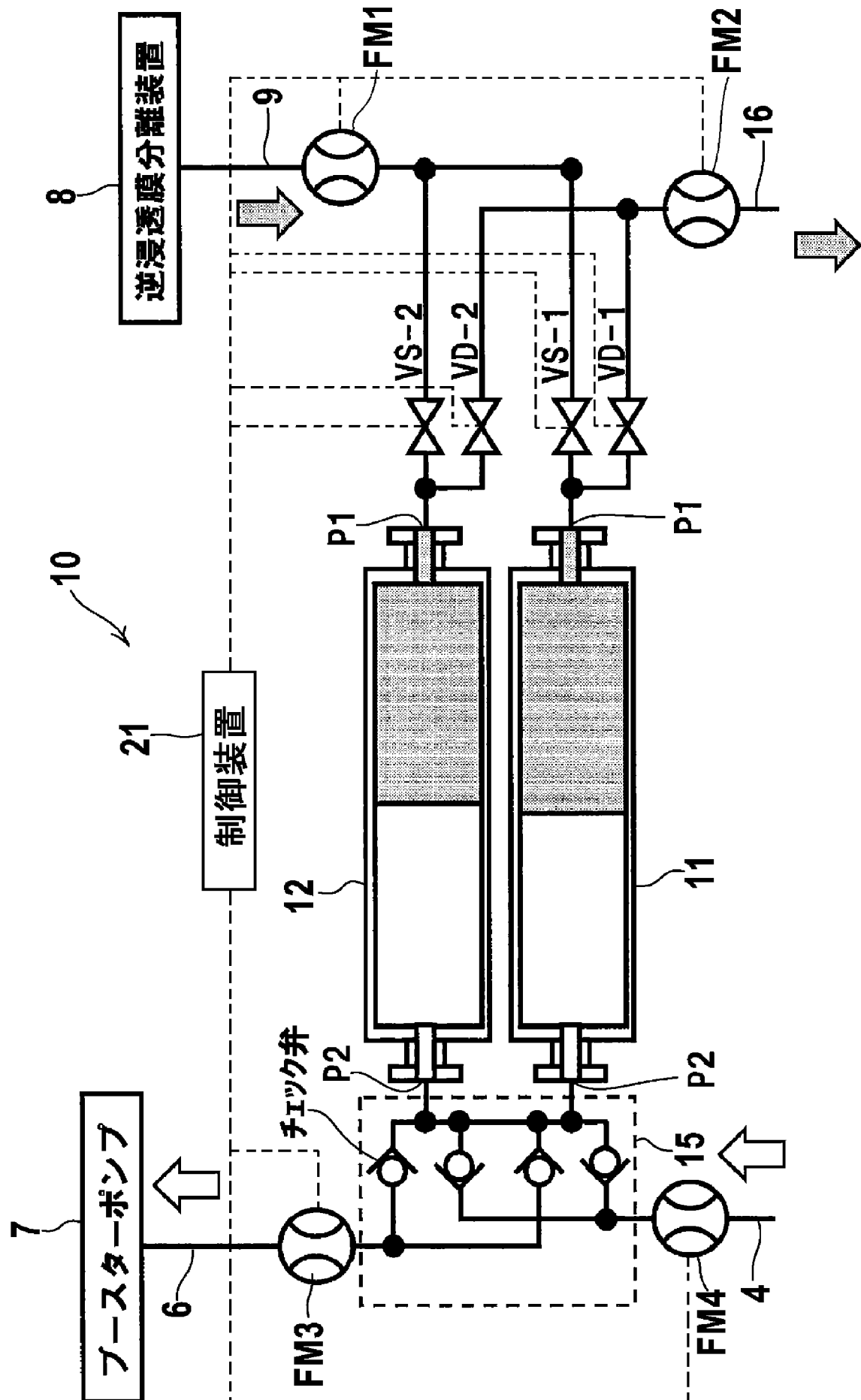
前記第 1 流量計および／または前記第 2 流量計の流量に基づき前記チャンバーの積算流量を求めて該積算流量に基づいて前記複数のチャンバーの各切換弁の切換時間を制御し、該切換時間に応じて異なる信号値を有する単一の信号を前記複数のチャンバーの各切換弁に入力する制御装置とを備え、

前記複数のチャンバーの各切換弁は、該信号値に応じた開度となるように設定されていることを特徴とするエネルギー回収装置。

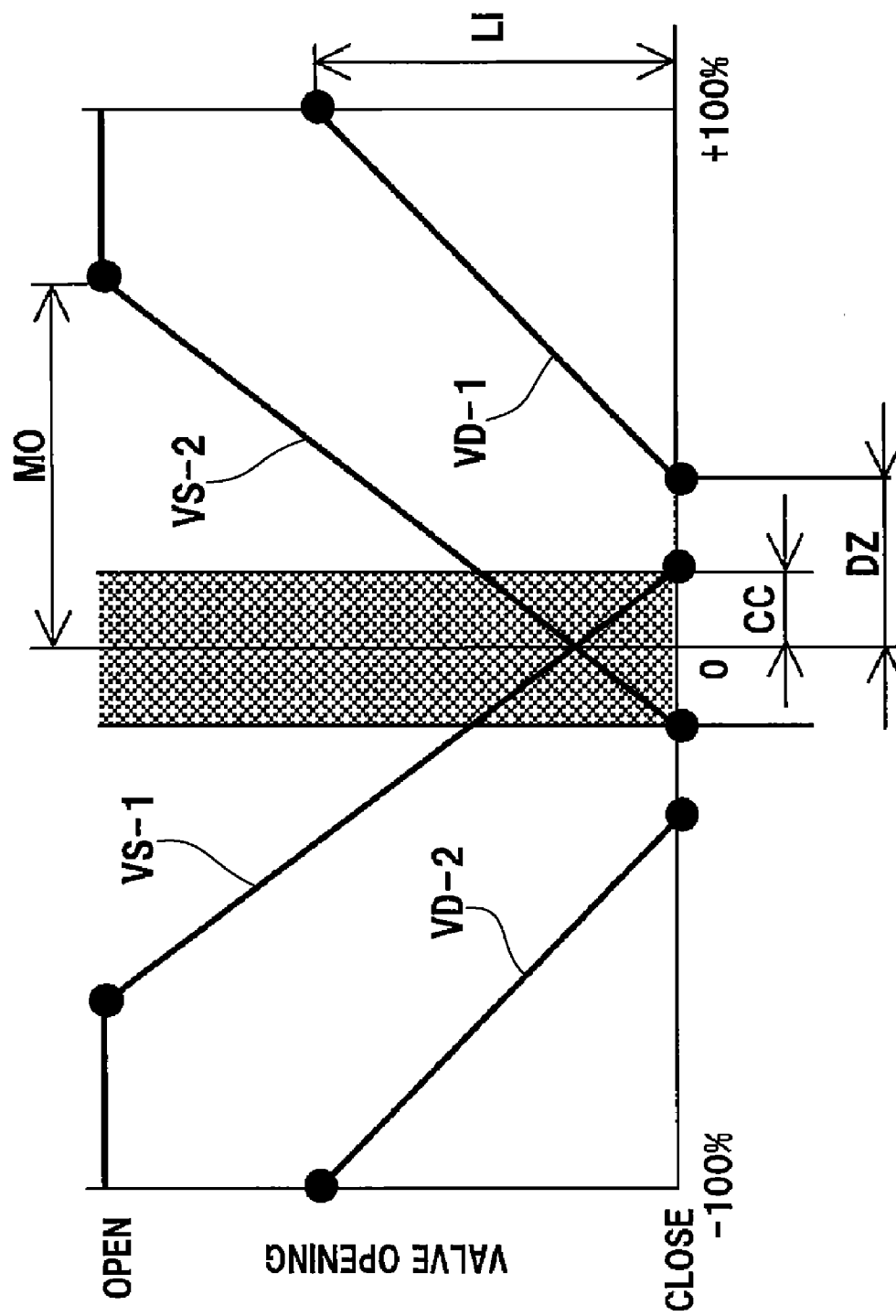
[図1]



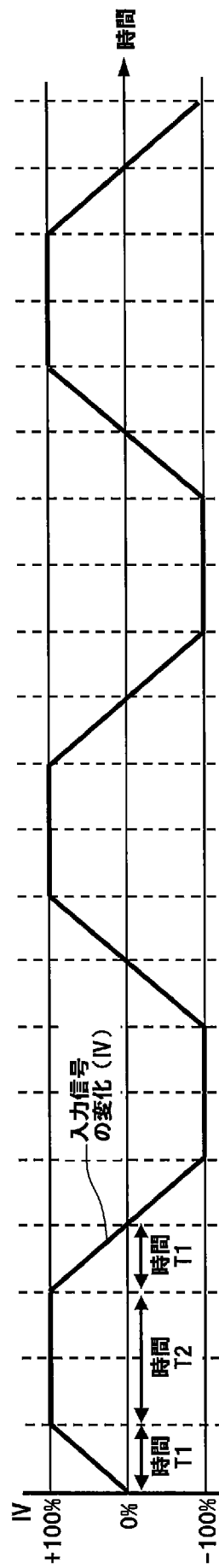
[図2]



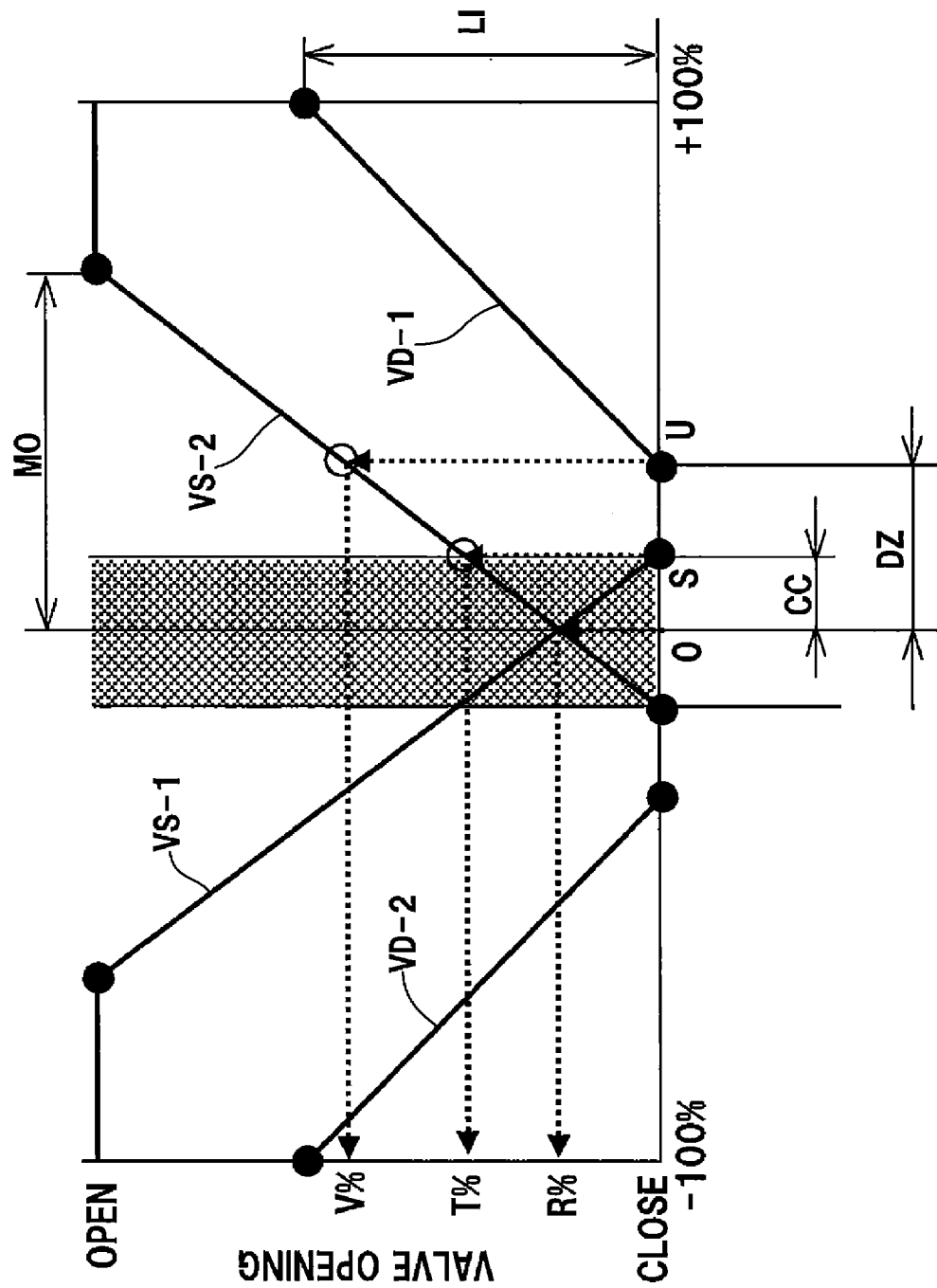
[図3]



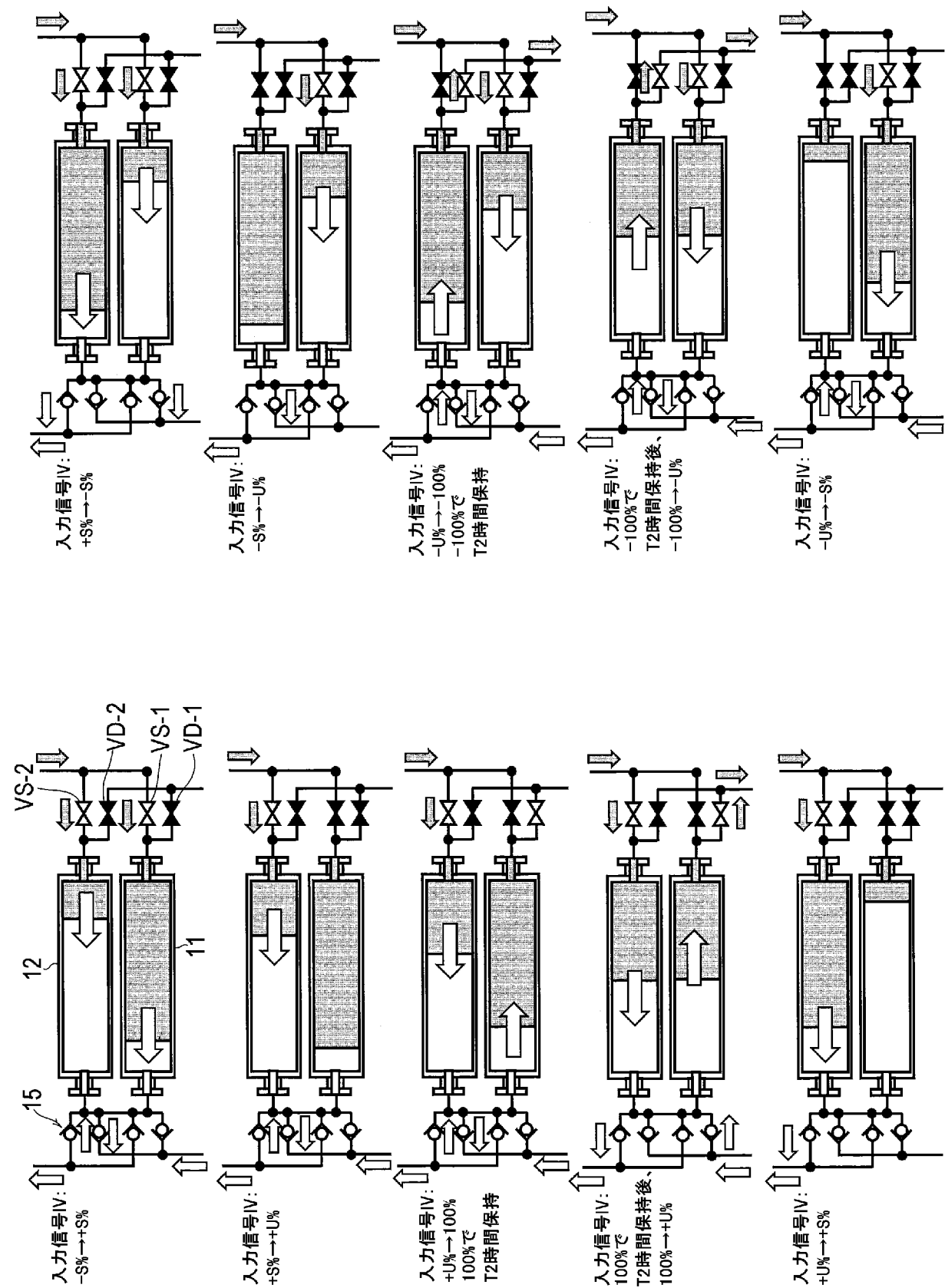
[図4]



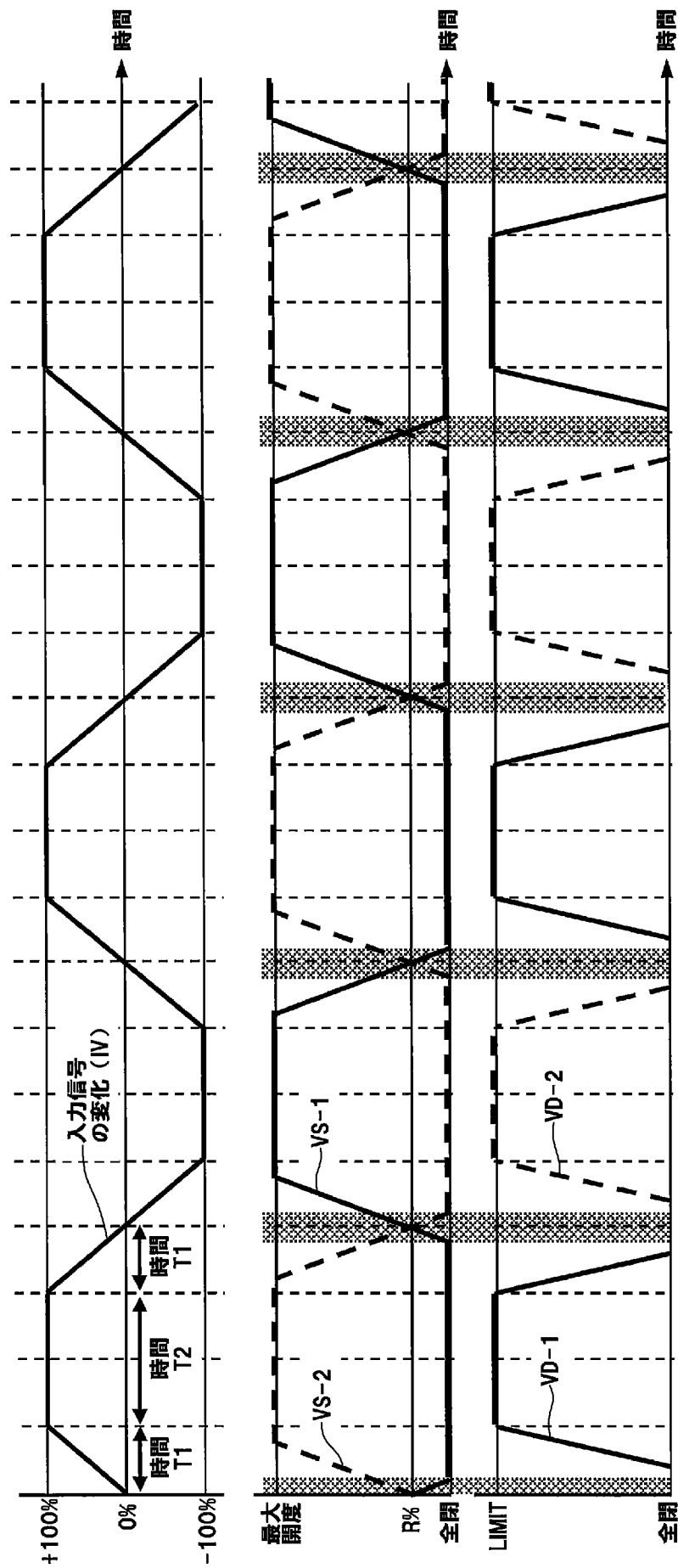
[図5]



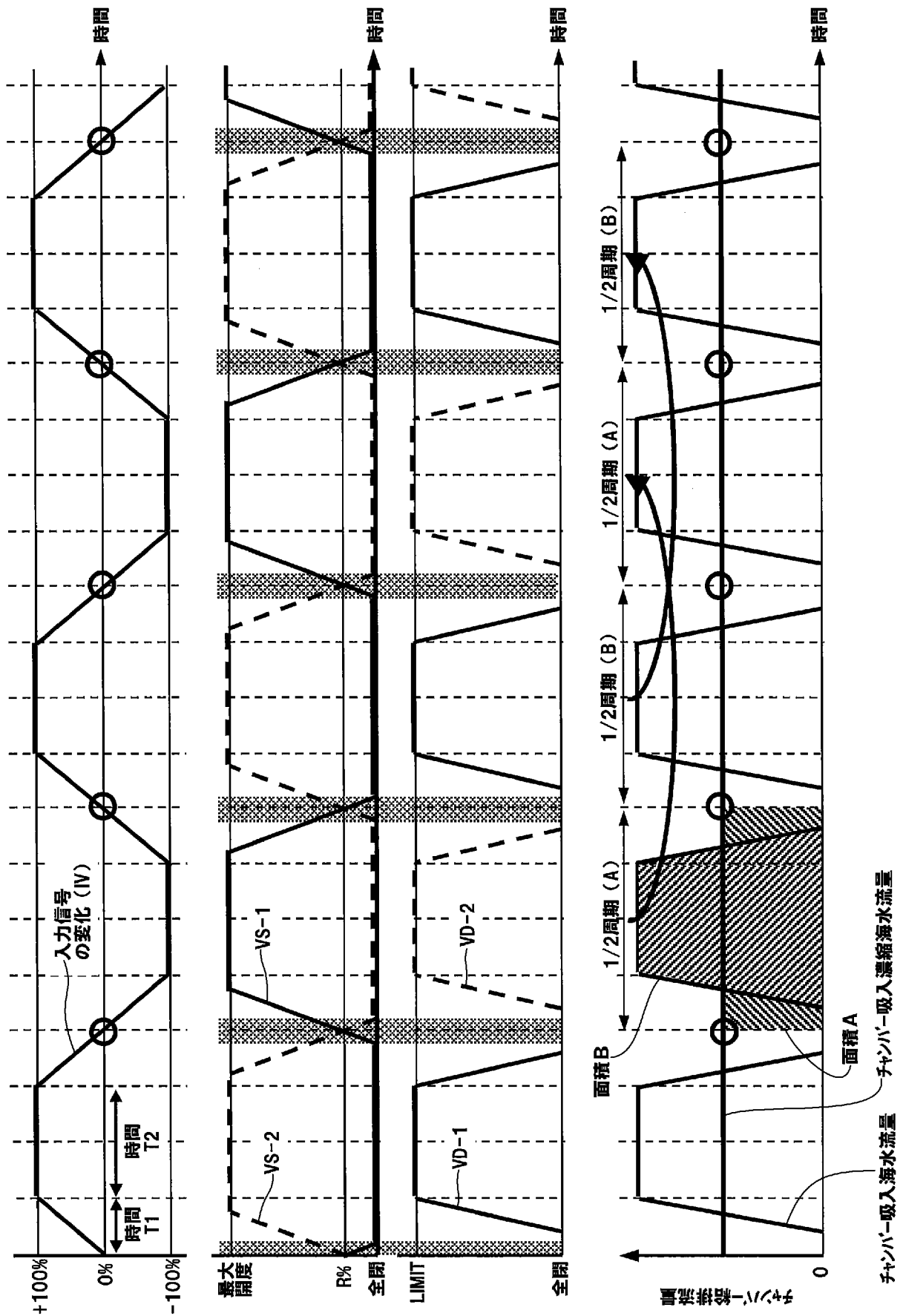
[図6]



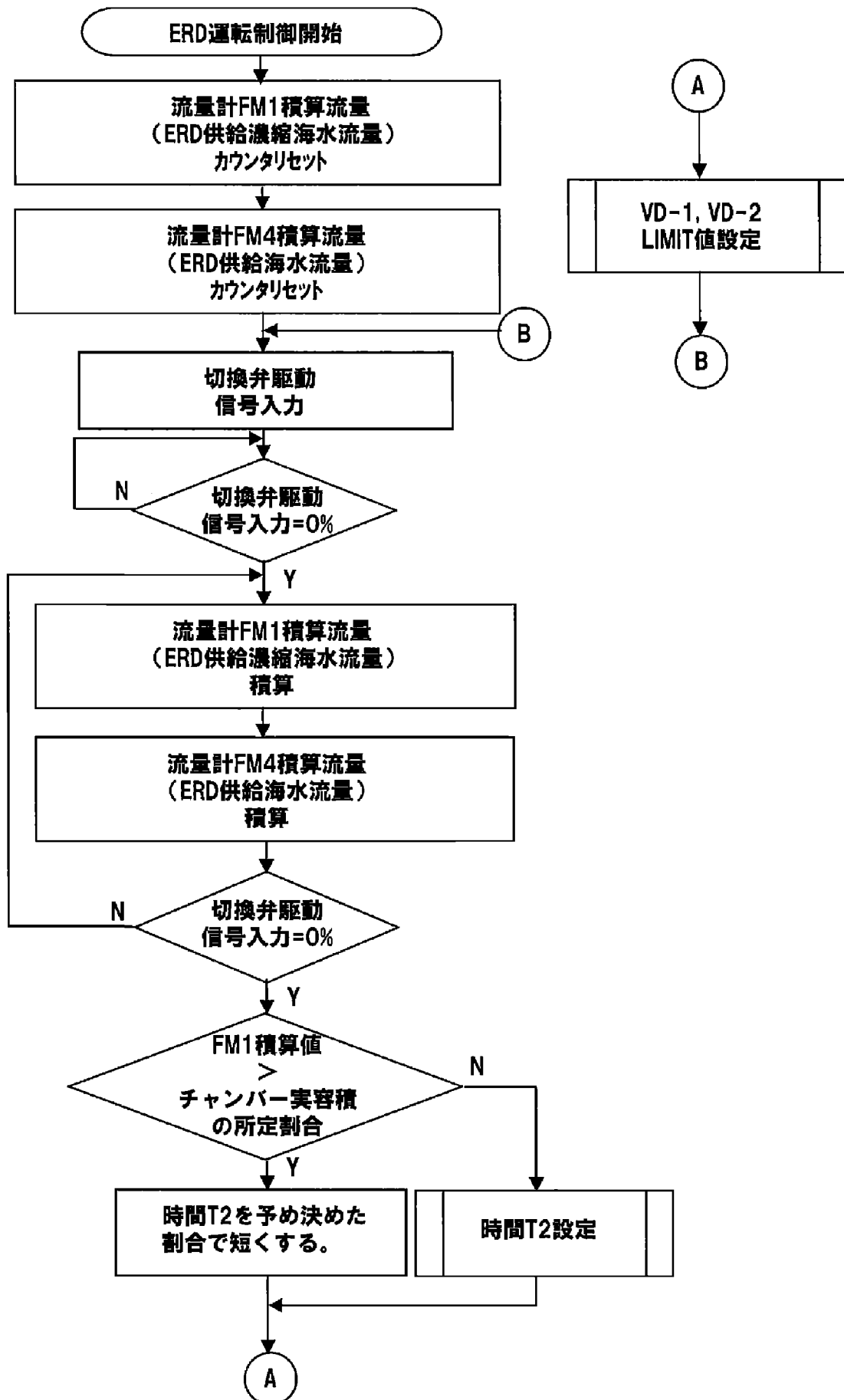
[図7]



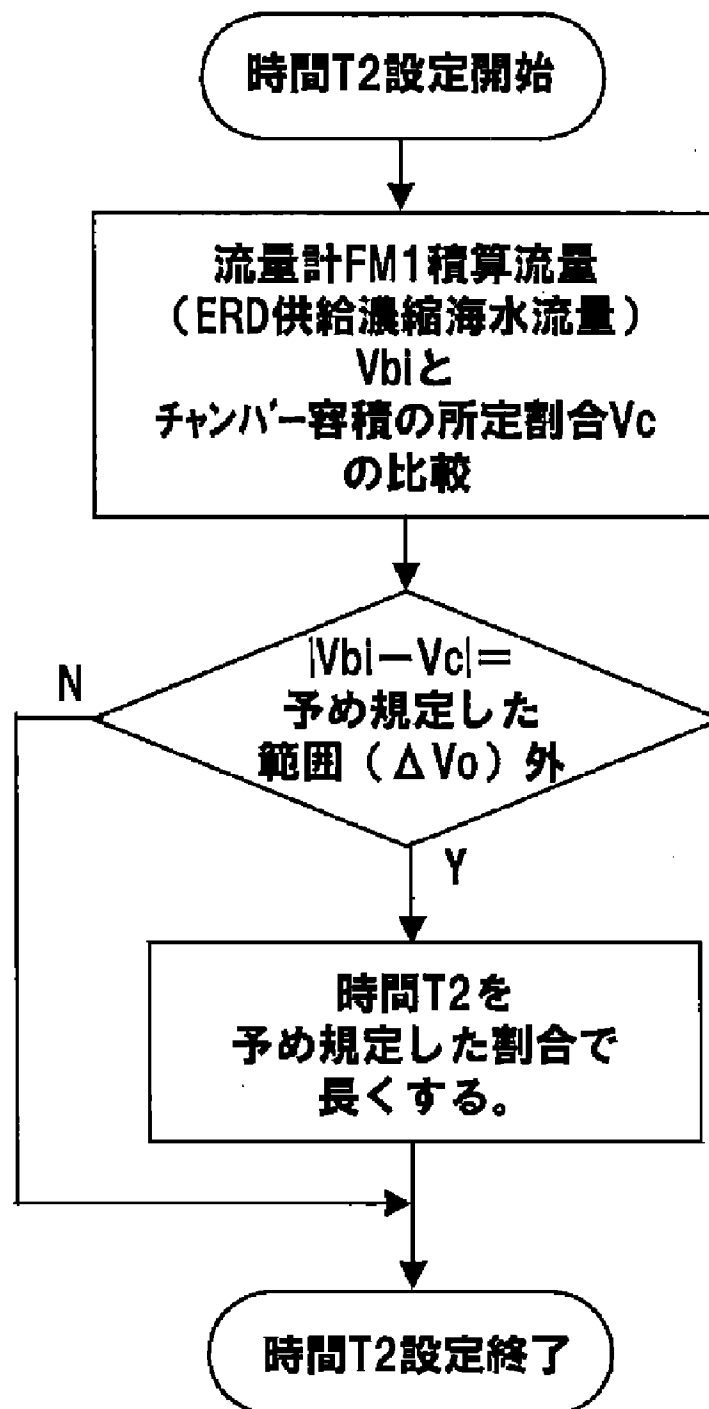
[図8]



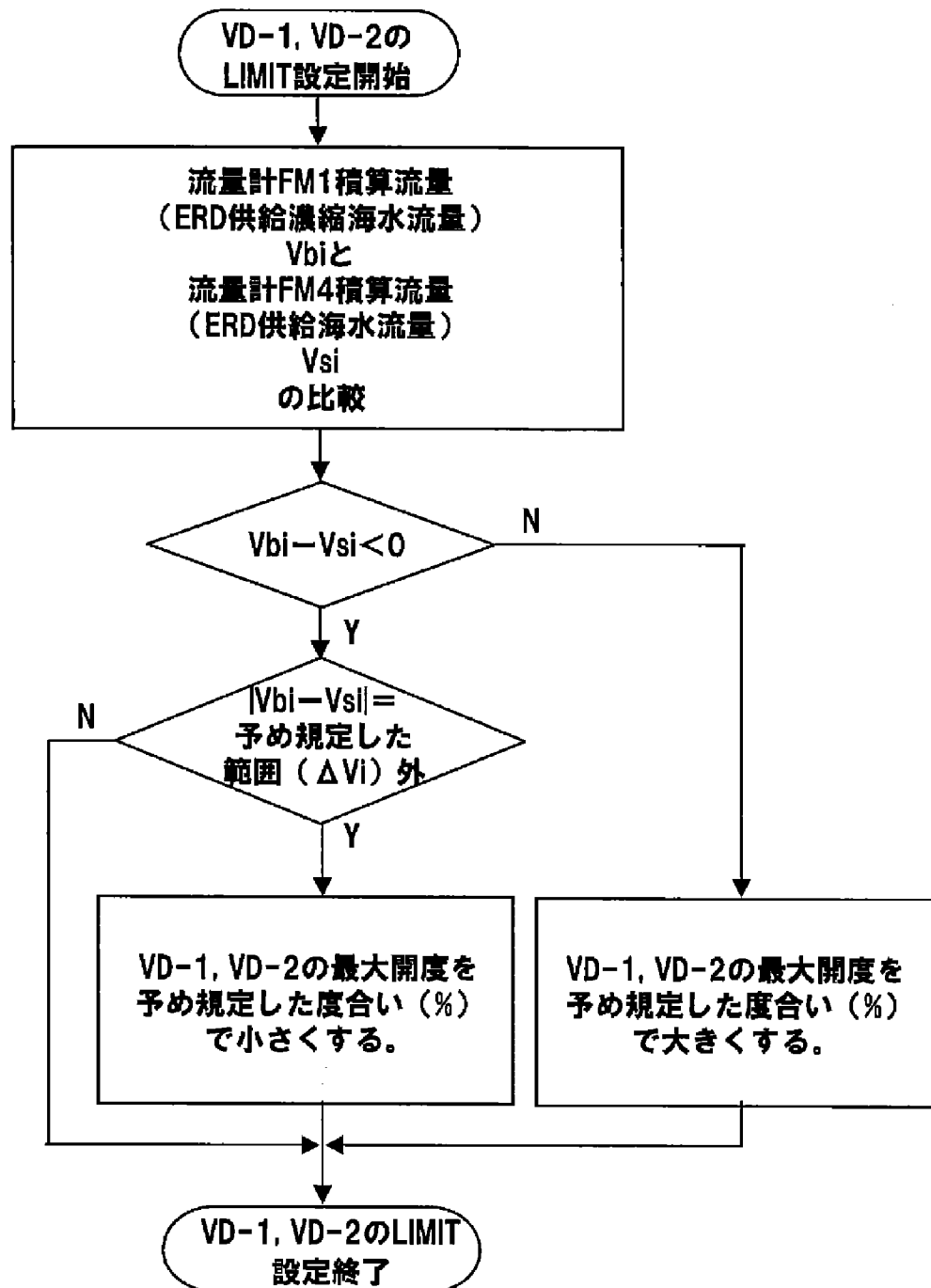
[図9]



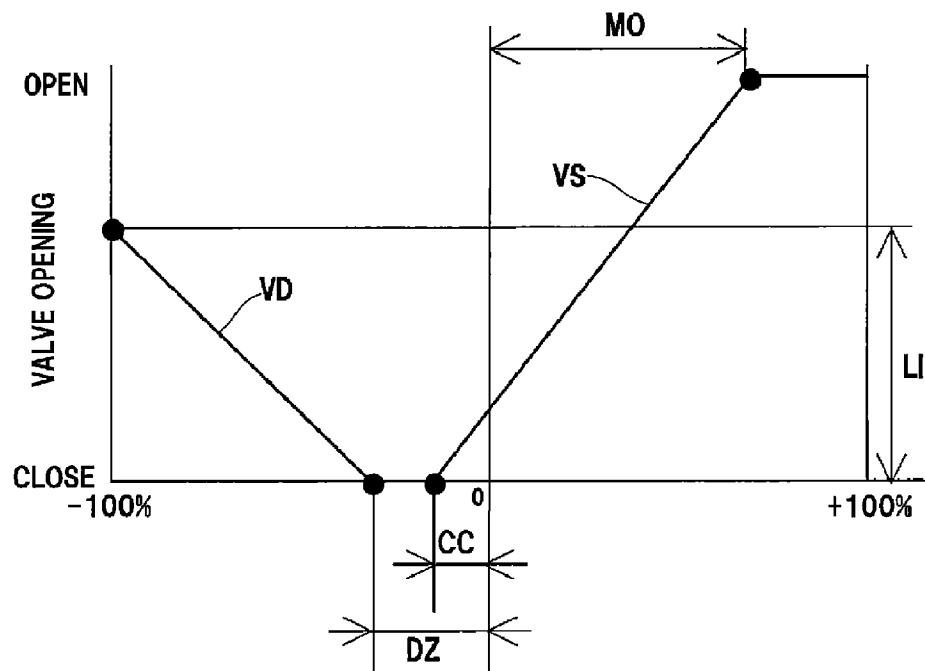
[図10]



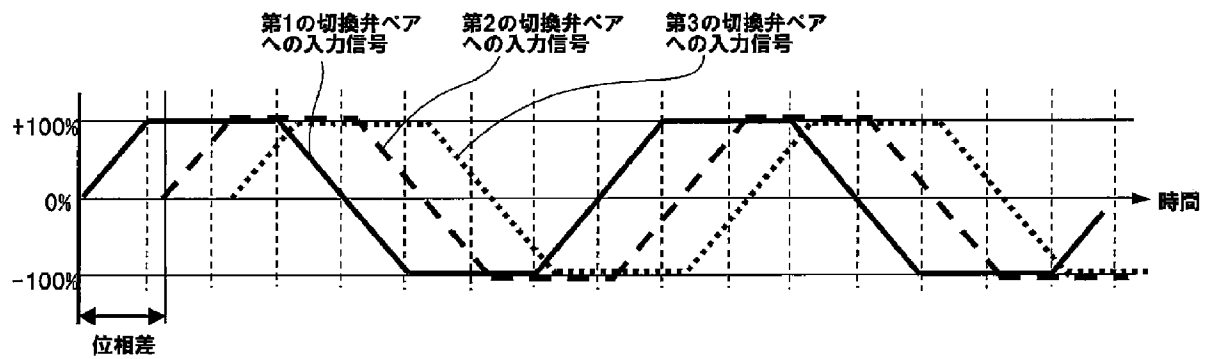
[図11]



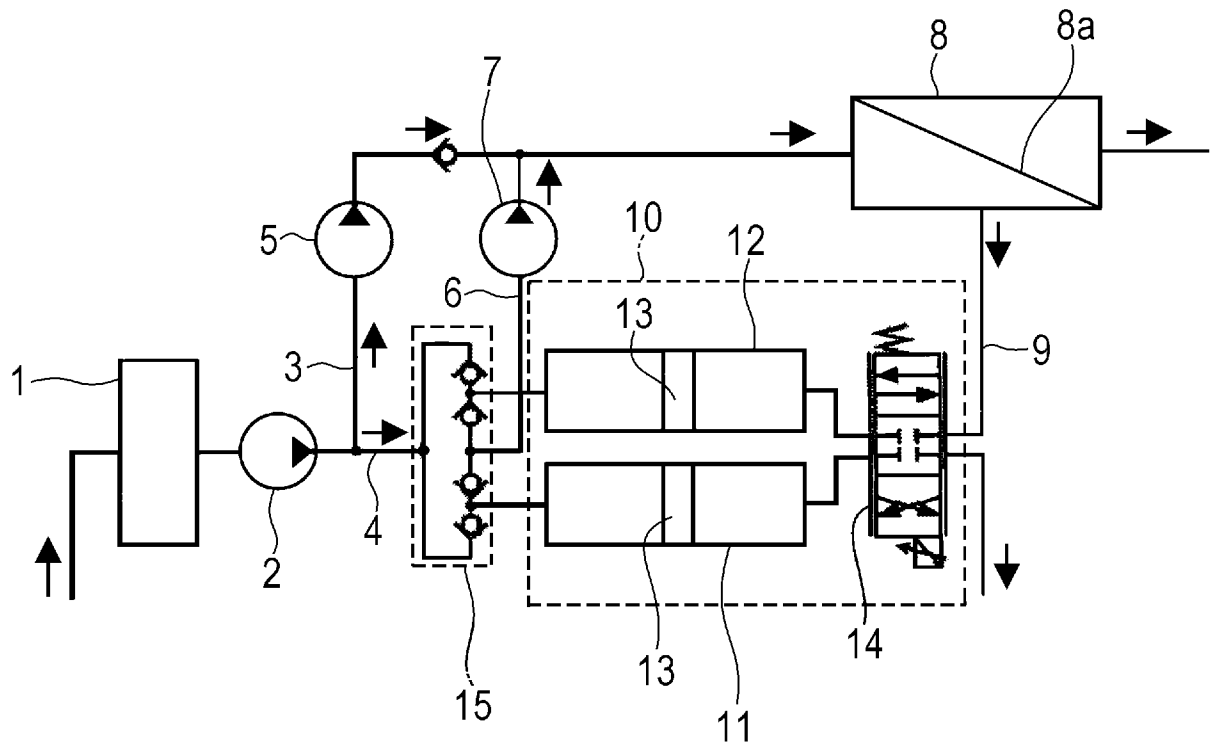
[図12A]



[図12B]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D61/06(2006.01)i, B01D61/02(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i, F04B23/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D61/06, B01D61/02, C02F1/44, F04B23/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-144856 A (Sasakura Engineering Co., Ltd.), 20 May 2003 (20.05.2003), paragraphs [0026] to [0052]; fig. 1 to 3 (Family: none)	10, 11 1-9
Y	JP 2012-192324 A (Toshiba Corp.), 11 October 2012 (11.10.2012), claims; paragraphs [0045] to [0071]; fig. 1 to 12 (Family: none)	1-9
A	JP 8-294619 A (Nikkiso Co., Ltd.), 12 November 1996 (12.11.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 April, 2014 (10.04.14)

Date of mailing of the international search report
22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054493

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2013-139012 A (Ebara Corp.), 18 July 2013 (18.07.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B01D61/06(2006.01)i, B01D61/02(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i, F04B23/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B01D61/06, B01D61/02, C02F1/44, F04B23/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2003-144856 A（株式会社ササクラ）2003.05.20, [0026] - [0052]、図1 - 3（ファミリーなし）	10, 11 1-9
Y	JP 2012-192324 A（株式会社東芝）2012.10.11, 特許請求の範囲、[0045] - [0071]、図1 - 12 （ファミリーなし）	1-9
A	JP 8-294619 A（日機装株式会社）1996.11.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

池田 周士郎

4 D

3 9 0 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
P, A	JP 2013-139012 A (株式会社荏原製作所) 2013. 07. 18, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11