

(11) 特許出願公開番号

特開2016-203084

(P2016-203084A)

(43) 公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.

C02F 1/44 (2006.01)

BO 1 D 61/12 (2006.01)

F 1

C O 2 F 1/44

A

テーマコード (参考)

4 D 0 0 6

C O 2 F 1/44

H

B O 1 D 61/12

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2015-86864 (P2015-86864)

(22) 出願日 平成27年4月21日 (2015. 4. 21)

(71) 出願人 000175272

三浦工業株式会社

愛媛県松山市堀江町7番地

(74) 代理人 100126000

弁理士 岩池 満

(74) 代理人 100145713

弁理士 加藤 竜太

(72) 発明者 渡邊 隼人

愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式
会社内

(72) 発明者 真鍋 敦行

愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式
会社内

[最終頁に続く](#)

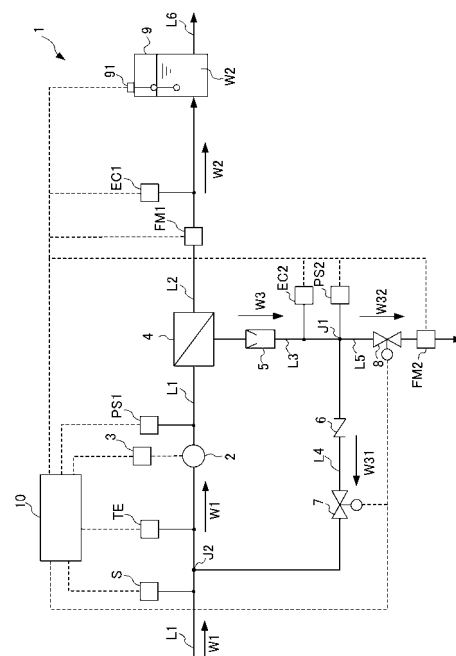
(54) 【発明の名称】 逆浸透膜分離装置

(57) 【要約】

【課題】循環比を所定値に調節するに際して、加圧ポンプの消費電力を抑制しつつ、濃縮水の排水流量を確保できる逆浸透膜分離装置を提供すること。

【解決手段】逆浸透膜モジュール４と、供給水ラインＬ１と、透過水ラインＬ２と、濃縮水ラインＬ３と、濃縮水ラインＬ３から分岐される循環水ラインＬ４と、濃縮水ラインＬ３から分岐され排水ラインＬ５と、濃縮水ラインＬ３に設けられる定流量手段５と、排水ラインＬ５に設けられる排水流量調整手段８と、循環水ラインＬ４に設けられ、定流量手段５の二次側の圧力であって排水流量調整手段８の一次側の圧力である中間圧力を所定の設定圧力値に調整する圧力調整手段７と、供給水ラインＬ１に設けられる加圧ポンプ２と、駆動周波数を加圧ポンプ２に出力するインバータ３と、透過水Ｗ２の流量が予め設定された目標流量値となるように指令信号をインバータ３に出力するポンプ駆動制御部１０と、を備える。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

供給水を透過水と濃縮水とに分離する逆浸透膜モジュールと、
供給水を前記逆浸透膜モジュールに供給する供給水ラインと、
前記逆浸透膜モジュールで分離された透過水を送出する透過水ラインと、
前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水を送出する濃縮水ラインと、
前記濃縮水ラインから分岐され、前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水の一部を
前記逆浸透膜モジュールの上流側に返送する循環水ラインと、
前記濃縮水ラインから分岐され、前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水の残部を
装置外へ排出する排水ラインと、
前記濃縮水ラインに設けられ、前記濃縮水ラインを流通する濃縮水の流量を所定の一定
流量値に保持する定流量手段と、
前記排水ラインに設けられ、装置外へ排出する濃縮水の排水流量を調整可能な排水流量
調整手段と、
前記循環水ラインに設けられ、前記定流量手段の二次側の圧力であって前記排水流量調
整手段の一次側の圧力である中間圧力を所定の設定圧力値に調整する圧力調整手段と、
前記供給水ラインに設けられ、入力された駆動周波数に応じた回転速度で駆動され、供
給水を吸入して前記逆浸透膜モジュールに向けて吐出する加圧ポンプと、
入力された指令信号に対応する駆動周波数を前記加圧ポンプに出力するインバータと、
透過水の流量が予め設定された目標流量値となるように、系内の物理量を用いて前記加
圧ポンプの駆動周波数を演算し、当該駆動周波数の演算値に対応する指令信号を前記イン
バータに出力するポンプ駆動制御部と、を備える
逆浸透膜分離装置。

10

20

【請求項 2】

前記中間圧力を検出する圧力検出手段を備え、
前記圧力調整手段は、前記循環水ラインを流通する濃縮水の流動抵抗を調整することに
よって前記中間圧力を調整可能に構成され、
前記圧力検出手段により検出された検出圧力値が所定の設定圧力値になるように前記圧
力調整手段を調整するように制御する圧力調整制御部と、を備える
請求項 1 に記載の逆浸透膜分離装置。

30

【請求項 3】

透過水の流量を検出する第 1 流量検出手段を備え、
前記ポンプ駆動制御部は、前記第 1 流量検出手段の検出流量値が前記目標流量値となる
ように、前記加圧ポンプの駆動周波数を演算する、
請求項 1 又は 2 に記載の逆浸透膜分離装置。

【請求項 4】

供給水、透過水又は濃縮水の温度を検出する温度検出手段と、
前記排水流量調整手段を制御する排水制御部と、を備え、
前記排水制御部は、(i) 予め取得された供給水のシリカ濃度、及び前記温度検出手段
の検出温度値から決定したシリカ溶解度に基づいて、濃縮水におけるシリカの許容濃縮倍
率を演算し、(i i) 当該許容濃縮倍率の演算値、及び透過水の前記目標流量値から排水
流量を演算し、(i i i) 濃縮水の実際排水流量が当該排水流量の演算値となるように、
前記排水流量調整手段を制御する、
請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の逆浸透膜分離装置。

40

【請求項 5】

前記排水流量調整手段としての比例制御バルブと、
濃縮水の排水流量を検出する第 2 流量検出手段と、を備え、
前記排水制御部は、前記第 2 流量検出手段の検出流量値が前記排水流量の演算値となる
ように、前記比例制御バルブの開度を調節する、
請求項 4 に記載の逆浸透膜分離装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、逆浸透膜モジュールを備える逆浸透膜分離装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体の製造工程、電子部品や医療器具の洗浄等においては、不純物を含まない高純度の純水が使用される。この種の純水は、一般に、地下水や水道水等の原水を、逆浸透膜モジュール（以下、「RO膜モジュール」ともいう）で逆浸透膜分離処理することにより製造される。

10

【0003】

高分子材料からなる逆浸透膜の水透過係数は、温度により変化する。また、逆浸透膜の水透過係数は、細孔の閉塞（以下、「膜閉塞」ともいう）や、材質の酸化による劣化（以下、「膜劣化」ともいう）によっても変化する。

【0004】

そこで、供給水の温度や逆浸透膜の状態にかかわらず、RO膜モジュールにおける透過水の流量を一定に保つため、流量フィードバック水量制御を行う水質改質システムが提案されている（例えば、特許文献1参照）。この流量フィードバック水量制御では、RO膜モジュールで製造される透過水の流量が目標流量値となるように、加圧ポンプの駆動周波数がインバータにより制御される。

20

【0005】

上記水質改質システムにおいて、RO膜モジュールで分離された濃縮水は、RO膜モジュールの一次側出口ポートに接続された濃縮水ラインから送出される。また、RO膜モジュールで分離された透過水は、RO膜モジュールの二次側ポートに接続された透過水ラインから送出される。濃縮水ラインは、循環水ラインと濃縮水排水ラインとに分岐している。循環水ラインは、濃縮水ラインから送出された濃縮水の一部を、加圧ポンプの上流側における供給水ラインに返送するラインである。濃縮水排水ラインは、濃縮水ラインから送出された濃縮水の残部を装置外に排出するラインである。供給水ラインは、加圧ポンプを介してRO膜モジュールに供給水を供給するラインである。

【0006】

30

ところで、スパイラル型エレメントを用いるRO膜モジュールでは、有機成分や懸濁物質による膜面の閉塞を防止するため、通常、クロスフロー方式による分離操作が採用されている。このクロスフロー方式では、加圧ポンプにより、透過水の流量に比して5倍以上の流量で供給水を循環させながら、膜の一次側に供給水の浸透圧以上の圧力を加えて分離操作を行う。このとき、RO膜モジュールにおいて、透過水の流量に対する濃縮水の流量の比率で定義される循環比（濃縮水の流量 / 透過水の流量）は、“5”程度に調節されることが好ましい。

【0007】

ここで、特許文献1に記載の濃縮水が流通する流路構成を有する技術において、濃縮水ラインを流れる濃縮水の流量を一定に保つために、濃縮水ラインに定流量弁を設ける技術が知られている（例えば、特許文献2参照）。この技術においては、透過水の流量を調整する透過水流量コントローラと、濃縮水の排水流量を調整する排水流量調整弁を有している。このように濃縮水ラインに定流量弁が設けられる構成においては、濃縮水ラインを流れる濃縮水の流量を定流量弁により一定に保持しながら、透過水の流量を透過水流量コントローラにより一定に保持することで、循環比（濃縮水の流量 / 透過水の流量）を、“5”程度に調節することができる。

40

【0008】

また、特許文献1に記載の濃縮水が流通する流路構成を有する技術において、逆浸透膜モジュールの内部での圧力を所定の圧力値に保持するために、循環水ラインに、逆圧レギュレータが設けられる技術が知られている（例えば、特許文献3参照）。特許文献3に記

50

載の技術では、濃縮水ラインには、定流量弁は設けられておらず、循環水ラインには、逆圧レギュレータが設けられている。また、透過水ラインには、透過水流量絞り弁が設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2005-296945号公報

【特許文献2】特開2014-213260号公報

【特許文献3】特開2004-276020号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献3に記載の技術は、循環水ラインに逆圧レギュレータが設けられる構成において、加圧ポンプを一定の運転圧力で運転した状態で、透過水流量絞り弁により透過水の流量を一定に調整しながら、濃縮水排水ラインに設けられる排水流量絞り弁により濃縮水の排水流量が一定に調整されて、循環水ラインを介して濃縮水の一部を供給水ラインに返送する。

【0011】

ここで、水の粘性係数は、供給水の温度が低い場合には大きくなり、供給水の温度が高い場合には小さくなる。そのため、特許文献3に記載の技術においては、加圧ポンプを一定の運転圧力で運転した場合において、供給水の温度が低いときには、加圧ポンプから送出される供給水の流量が減少することにより、濃縮水の流量も減少してしまうため、循環比（濃縮水の流量 / 透過水の流量）は、相対的に小さくなる。一方、供給水の温度が高いときには、加圧ポンプから送出される供給水の流量が増加することにより、濃縮水の流量も増加してしまうため、循環比（濃縮水の流量 / 透過水の流量）は、相対的に大きくなる。

20

【0012】

よって、特許文献3に記載の技術において、供給水の温度が低いときに循環比を調整した場合において、供給水の温度が低温から高温に変化した場合には、循環比は調整値よりも大きくなる。この状態では、過剰な流量の濃縮水が濃縮水ラインに送出されているので、加圧ポンプの電力が無駄に消費されてしまう。

30

【0013】

また、特許文献2に記載の技術のように、濃縮水ラインに定流量弁が設けられると共に、濃縮水排水ラインに排水流量調整弁が設けられる技術においては、排水流量調整弁の二次側の背圧が高い場合や供給水ラインを流通する供給水の圧力が低い場合には、排水流量調整弁の一次側の二次側との間において、一次側圧力 > 二次側圧力となる圧力差が生じず、濃縮水を装置外に排出できない可能性がある。そのため、RO膜モジュールの一次側で過濃縮状態が生じ、膜表面にスケールが析出したりファウリングが発生したりする虞がある。

【0014】

40

本発明は、循環比を所定値に調節するに際して、加圧ポンプの消費電力を抑制しつつ、濃縮水の排水流量を確保できる逆浸透膜分離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】

【0015】

本発明は、供給水を透過水と濃縮水とに分離する逆浸透膜モジュールと、供給水を前記逆浸透膜モジュールに供給する供給水ラインと、前記逆浸透膜モジュールで分離された透過水を送出する透過水ラインと、前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水を送出する濃縮水ラインと、前記濃縮水ラインから分岐され、前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水の一部を前記逆浸透膜モジュールの上流側に返送する循環水ラインと、前記濃縮水ラインから分岐され、前記逆浸透膜モジュールで分離された濃縮水の残部を装置外へ排出

50

する排水ラインと、前記濃縮水ラインに設けられ、前記濃縮水ラインを流通する濃縮水の流量を所定の一定流量値に保持する定流量手段と、前記排水ラインに設けられ、装置外へ排出する濃縮水の排水流量を調整可能な排水流量調整手段と、前記循環水ラインに設けられ、前記定流量手段の二次側の圧力であって前記排水流量調整手段の一次側の圧力である中間圧力を所定の設定圧力値に調整する圧力調整手段と、前記供給水ラインに設けられ、入力された駆動周波数に応じた回転速度で駆動され、供給水を吸入して前記逆浸透膜モジュールに向けて吐出する加圧ポンプと、入力された指令信号に対応する駆動周波数を前記加圧ポンプに出力するインバータと、透過水の流量が予め設定された目標流量値となるように、系内の物理量を用いて前記加圧ポンプの駆動周波数を演算し、当該駆動周波数の演算値に対応する指令信号を前記インバータに出力するポンプ駆動制御部と、を備える逆浸透膜分離装置に関する。

10

【0016】

また、前記中間圧力を検出する圧力検出手段を備え、前記圧力調整手段は、前記循環水ラインを流通する濃縮水の流動抵抗を調整することによって前記中間圧力を調整可能に構成され、前記圧力検出手段により検出された検出圧力値が所定の設定圧力値になるように前記圧力調整手段を調整するように制御する圧力調整制御部と、を備えることが好ましい。

【0017】

透過水の流量を検出する第1流量検出手段を備え、前記ポンプ駆動制御部は、前記第1流量検出手段の検出流量値が前記目標流量値となるように、前記加圧ポンプの駆動周波数を演算することが好ましい。

20

【0018】

また、供給水、透過水又は濃縮水の温度を検出する温度検出手段と、前記排水流量調整手段を制御する排水制御部と、を備え、前記排水制御部は、(i) 予め取得された供給水のシリカ濃度、及び前記温度検出手段の検出温度値から決定したシリカ溶解度に基づいて、濃縮水におけるシリカの許容濃縮倍率を演算し、(ii) 当該許容濃縮倍率の演算値、及び透過水の前記目標流量値から排水流量を演算し、(iii) 濃縮水の実際排水流量が当該排水流量の演算値となるように、前記排水流量調整手段を制御することが好ましい。

【0019】

また、前記排水流量調整手段としての比例制御バルブと、濃縮水の排水流量を検出する第2流量検出手段と、を備え、前記排水制御部は、前記第2流量検出手段の検出流量値が前記排水流量の演算値となるように、前記比例制御バルブの開度を調節することが好ましい。

30

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、循環比を所定値に調節するに際して、加圧ポンプの消費電力を抑制しつつ、濃縮水の排水流量を確保できる逆浸透膜分離装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1実施形態に係る逆浸透膜分離装置1の全体構成図である。

40

【図2】貯留タンク9の水位と製造される透過水W2の流量との関係を示す説明図である。

【図3】制御部10において目標流量値及び回収率を設定する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図4】第1実施形態の制御部10が流量フィードバック水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図5】第1実施形態の制御部10が温度フィードフォワード回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】第1実施形態の制御部10が圧力フィードバック水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

50

【図 7】第 1 実施形態の制御部 10 が水質フィードフォワード回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】第 1 実施形態の制御部 10 が温度フィードフォワード水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図 9】第 1 実施形態の制御部 10 が水質フィードバック回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。

【図 10】第 2 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 A の全体構成図である。

【図 11】第 2 実施形態の制御部 10 A が濃縮水 W3 の一定流量値を変化させる場合の処理手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0022】

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 について、図面を参照しながら説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 の全体構成図である。第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 は、例えば、淡水から純水を製造する純水製造システムに適用される。

【0023】

図 1 に示すように、本実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 は、加圧ポンプ 2 と、インバータ 3 と、逆浸透膜モジュールとしての RO 膜モジュール 4 と、定流量手段としての定流量弁 5 と、逆止弁 6 と、圧力調整手段としての圧力調整弁 7 と、排水流量調整手段としての比例制御排水弁 8 (比例制御バルブ) と、貯留タンク 9 と、制御部 10 と、を備える。また、逆浸透膜分離装置 1 は、温度検出手段としての温度センサ TE と、硬度センサ S と、第 1 圧力センサ PS1 と、流量検出手段としての第 1 流量センサ FM1 と、圧力検出手段としての第 2 圧力センサ PS2 と、第 2 流量検出手段としての第 2 流量センサ FM2 と、第 1 電気伝導率センサ EC1 と、電気伝導率測定手段としての第 2 電気伝導率センサ EC2 と、水位センサ 91 と、を備える。図 1 では、電氣的な接続の経路を破線で示す(後述する図 10 についても同じ)。

20

【0024】

また、逆浸透膜分離装置 1 は、供給水ライン L1 と、透過水ライン L2 と、濃縮水ライン L3 と、循環水ライン L4 と、排水ライン L5 と、給水ライン L6 と、を備える。本明細書における「ライン」とは、流路、経路、管路等の流体の流通が可能なラインの総称である。

30

【0025】

供給水ライン L1 は、供給水 W1 を RO 膜モジュール 4 に供給するラインである。供給水ライン L1 の上流側の端部は、供給水 W1 の供給源(不図示)に接続されている。供給水ライン L1 の下流側の端部は、RO 膜モジュール 4 の一次側入口ポートに接続されている。供給水ライン L1 には、上流側から下流側に向けて順に、硬度センサ S、接続部 J2、温度センサ TE、加圧ポンプ 2、第 1 圧力センサ PS1、RO 膜モジュール 4 が設けられている。

【0026】

加圧ポンプ 2 は、供給水ライン L1 を流通する供給水 W1 を吸入し、RO 膜モジュール 4 へ向けて圧送(吐出)する装置である。加圧ポンプ 2 には、インバータ 3 から周波数が変換された駆動電力が供給される。加圧ポンプ 2 は、供給(入力)された駆動電力の周波数(以下、「駆動周波数」ともいう)に応じた回転速度で駆動される。

40

【0027】

インバータ 3 は、加圧ポンプ 2 に、周波数が変換された駆動電力を供給する電気回路(又はその回路を持つ装置)である。インバータ 3 は、制御部 10 と電氣的に接続されている。インバータ 3 には、制御部 10 から指令信号が入力される。インバータ 3 は、制御部 10 により入力された指令信号(電流値信号又は電圧値信号)に対応する駆動周波数の駆動電力を加圧ポンプ 2 に出力する。

50

【 0 0 2 8 】

R O 膜モジュール 4 は、加圧ポンプ 2 から吐出された供給水 W 1 を、溶存塩類が除去された透過水 W 2 と、溶存塩類が濃縮された濃縮水 W 3 とに膜分離処理する設備である。R O 膜モジュール 4 は、単一又は複数の R O 膜エレメント（不図示）を備える。R O 膜モジュール 4 は、これら R O 膜エレメントにより供給水 W 1 を膜分離処理し、透過水 W 2 及び濃縮水 W 3 を製造する。

【 0 0 2 9 】

透過水ライン L 2 は、R O 膜モジュール 4 で分離された透過水 W 2 を送出するラインである。透過水ライン L 2 の上流側の端部は、R O 膜モジュール 4 の二次側ポートに接続されている。透過水ライン L 2 の下流側の端部は、貯留タンク 9 に接続されている。透過水ライン L 2 には、上流側から下流側に向けて順に、R O 膜モジュール 4、第 1 流量センサ F M 1、第 1 電気伝導率センサ E C 1、貯留タンク 9 が設けられている。

10

【 0 0 3 0 】

濃縮水ライン L 3 は、R O 膜モジュール 4 で分離された濃縮水 W 3 を送出するラインである。濃縮水ライン L 3 の上流側の端部は、R O 膜モジュール 4 の一次側出口ポートに接続されている。また、濃縮水ライン L 3 の下流側は、接続部 J 1 において、循環水ライン L 4 及び排水ライン L 5 に分岐している。

【 0 0 3 1 】

濃縮水ライン L 3 には、上流側から下流側に向けて順に、定流量弁 5、第 2 電気伝導率センサ E C 2、接続部 J 1 が設けられている。

20

定流量弁 5 は、濃縮水ライン L 3 を流通する濃縮水 W 3 の流量を所定の一定流量値に保持するように調節する機器である。定流量弁 5 において保持される一定流量値は、一定流量値に幅がある概念であり、定流量弁における目標流量値のみに限られない。例えば、定流量機構の特性（例えば、材質や構造に起因する温度特性等）を考慮して、定流量弁における目標流量値に対して、 $\pm 10\%$ 程度の調節誤差を有するものを含む。定流量弁 5 は、補助動力や外部操作を必要とせずに一定流量値を保持するものであり、例えば、水ガバナの名称で呼ばれるものが挙げられる。なお、定流量弁 5 は、補助動力や外部操作により動作して、一定流量値を保持するものでもよい。

【 0 0 3 2 】

循環水ライン L 4 は、濃縮水ライン L 3 から分岐するラインであって、R O 膜モジュール 4 で分離された濃縮水 W 3 の一部 W 3 1 を、供給水ライン L 1 における R O 膜モジュール 4 及び加圧ポンプ 2 よりも上流側に返送するラインである。循環水ライン L 4 の上流側の端部は、接続部 J 1 において、濃縮水ライン L 3 に接続されている。また、循環水ライン L 4 の下流側の端部は、接続部 J 2 において、供給水ライン L 1 に接続されている。循環水ライン L 4 には、上流側から下流側に向けて順に、逆止弁 6、圧力調整手段としての圧力調整弁 7 が設けられている。

30

【 0 0 3 3 】

圧力調整弁 7 は、定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力である中間圧力を、所定の設定圧力値に調整する弁である。圧力調整弁 7 は、循環水ライン L 4 を流通する濃縮水 W 3 1 の流動抵抗を調整することによって、接続部 J 1（定流量弁 5 と比例制御排水弁 8 との間の部分）における中間圧力を調整可能に構成される。

40

【 0 0 3 4 】

本実施形態においては、中間圧力は、接続部 J 1（濃縮水ライン L 3 及び排水ライン L 5 における定流量弁 5 と比例制御排水弁 8 との間の部分）における濃縮水 W 3 の圧力である。所定の設定圧力値は、排水ライン L 5 における比例制御排水弁 8 の二次側の背圧が高くなった場合や、供給水ライン L 1 を流通する供給水 W 1 の圧力が低い場合においても、比例制御排水弁 8 の一次側と二次側との間で所定の圧力差（一次側圧力 > 二次側圧力）が得られる圧力値に設定される。

【 0 0 3 5 】

圧力調整弁 7 は、制御部 10 と電氣的に接続されている。圧力調整弁 7 の弁開度は、制

50

御部 10 から送信される駆動信号により制御される。制御部 10 から電流値信号（例えば、4 ~ 20 mA）を圧力調整弁 7 に送信して、流路断面積を調整することにより、流動抵抗（すなわち、圧力損失）を変化させることができる。この調節により、接続部 J 1 における中間圧力（定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力）を、予め設定された所定の設定圧力値に保つことができる。

【0036】

排水ライン L 5 は、接続部 J 1 において濃縮水ライン L 3 から分岐され、RO 膜モジュール 4 で分離された濃縮水 W 3 の残部 W 3 2 を装置外（系外）に排出するラインである。排水ライン L 5 には、排水流量調整手段としての比例制御排水弁 8 が設けられている。

【0037】

比例制御排水弁 8 は、排水ライン L 5 から装置外へ排出する濃縮水 W 3 2 の排水流量を調節する弁である。比例制御排水弁 8 は、制御部 10 と電氣的に接続されている。比例制御排水弁 8 の弁開度は、制御部 10 から送信される駆動信号により制御される。制御部 10 から電流値信号（例えば、4 ~ 20 mA）を比例制御排水弁 8 に送信して、弁開度を制御することにより、濃縮水 W 3 2 の排水流量を調節することができる。

比例制御排水弁 8 における制御部 10 による制御の詳細は後述する。

【0038】

温度センサ T E は、供給水 W 1 の温度を検出する機器である。温度センサ T E は、供給水 W 1 の供給源（不図示）と加圧ポンプ 2 との間に配置されている。温度センサ T E は、制御部 10 と電氣的に接続されている。温度センサ T E で検出された供給水 W 1 の温度（以下、「検出温度値」ともいう）は、制御部 10 へ検出信号として送信される。

【0039】

硬度センサ S は、供給水ライン L 1 を流通する供給水 W 1 のカルシウム硬度（例えば、前段に設置された硬水軟化装置の硬度リーク量：炭酸カルシウム換算値）を測定する機器である。硬度センサ S は、接続部 J 2 の上流側に配置されている。硬度センサ S は、制御部 10 と電氣的に接続されている。硬度センサ S で測定された供給水 W 1 のカルシウム硬度（以下、「測定硬度値」ともいう）は、制御部 10 へ検出信号として送信される。

【0040】

第 1 圧力センサ P S 1 は、加圧ポンプ 2 の吐出圧力（運転圧力）を検出する機器である。第 1 圧力センサ P S 1 は、加圧ポンプ 2 の吐出側近傍に配置されている。本実施形態では、加圧ポンプ 2 から吐出された直後の供給水 W 1 の圧力を、加圧ポンプ 2 の吐出圧力とする。第 1 圧力センサ P S 1 は、制御部 10 と電氣的に接続されている。第 1 圧力センサ P S 1 で検出された供給水 W 1 の圧力（以下、「検出圧力値」ともいう）は、制御部 10 へ検出信号として送信される。

【0041】

第 2 圧力センサ P S 2 は、接続部 J 1 における中間圧力（定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力）を検出する機器である。第 2 圧力センサ P S 2 は、接続部 J 1 において、濃縮水ライン L 3、排水ライン L 5 及び循環水ライン L 4 に接続されている。接続部 J 1 は、濃縮水ライン L 3 が、排水ライン L 5 及び循環水ライン L 4 に分岐する部分であり、濃縮水ライン L 3 の下流側の端部、循環水ライン L 4 の上流側の端部、及び、排水ライン L 5 の上流側の端部が、接続される部分である。第 2 圧力センサ P S 2 は、制御部 10 と電氣的に接続されている。第 2 圧力センサ P S 2 で検出された濃縮水 W 3（W 3 1、W 3 2）の圧力（以下、「検出圧力値」ともいう）は、制御部 10 へ検出信号として送信される。

【0042】

なお、本実施形態においては、第 2 圧力センサ P S 2 の接続位置を接続部 J 1 としたが、これに制限されない。第 2 圧力センサ P S 2 の接続位置は、定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力を検出できる位置であれば、濃縮水ライン L 3、循環水ライン L 4 又は排水ライン L 5 でもよい。

【0043】

10

20

30

40

50

第１流量センサＦＭ１は、透過水ラインＬ２を流通する透過水Ｗ２の流量を検出する機器である。第１流量センサＦＭ１は、透過水ラインＬ２に接続されている。第１流量センサＦＭ１は、制御部１０と電氣的に接続されている。第１流量センサＦＭ１で検出された透過水Ｗ２の流量（以下、「検出流量値」ともいう）は、制御部１０へパルス信号として送信される。

【００４４】

第２流量センサＦＭ２は、排水ラインＬ５を流通する濃縮水Ｗ３の流量を検出する機器である。第２流量センサＦＭ２は、排水ラインＬ５における比例制御排水弁８よりも下流側に配置されている。第２流量センサＦＭ２は、制御部１０と電氣的に接続されている。第２流量センサＦＭ２で検出された濃縮水Ｗ３の流量（以下、「検出流量値」ともいう）は、制御部１０へパルス信号として送信される。

第１流量センサＦＭ１及び第２流量センサＦＭ２として、例えば、流路ハウジング内に軸流羽根車又は接線羽根車（不図示）を配置したパルス発信式の流量センサを用いることができる。

【００４５】

第１電気伝導率センサＥＣ１は、透過水ラインＬ２を流通する透過水Ｗ２の電気伝導率を測定する機器である。第１電気伝導率センサＥＣ１は、透過水ラインＬ２に接続されている。第１電気伝導率センサＥＣ１は、制御部１０と電氣的に接続されている。第１電気伝導率センサＥＣ１で測定された透過水Ｗ２の電気伝導率（以下、「測定電気伝導率値」ともいう）は、制御部１０へ検出信号として送信される。

第２電気伝導率センサＥＣ２は、濃縮水ラインＬ３を流通する濃縮水Ｗ３（ＲＯ膜モジュール４により分離された濃縮水Ｗ３）の電気伝導率を測定する機器である。第２電気伝導率センサＥＣ２は、濃縮水ラインＬ３に接続されている。第２電気伝導率センサＥＣ２は、制御部１０と電氣的に接続されている。第２電気伝導率センサＥＣ２で測定された濃縮水Ｗ３の電気伝導率（以下、「測定電気伝導率値」ともいう）は、制御部１０へ検出信号として送信される。

【００４６】

貯留タンク９は、ＲＯ膜モジュール４で分離された透過水Ｗ２を貯留するタンクである。貯留タンク９には、透過水ラインＬ２の下流側の端部が接続されている。ＲＯ膜モジュール４で分離された透過水Ｗ２は、透過水ラインＬ２を介して貯留タンク９に補給される。また、貯留タンク９は、給水ラインＬ６を介して下流側の需要箇所の装置等（不図示）に接続されている。給水ラインＬ６は、貯留タンク９に貯留された透過水Ｗ２を、需要箇所の装置等に流通させるラインである。貯留タンク９に貯留された透過水Ｗ２は、給水ラインＬ６を介して需要箇所の装置等に供給される。

【００４７】

貯留タンク９には、水位センサ９１が設けられている。水位センサ９１は、貯留タンク９に貯留された透過水Ｗ２の水位を検出する機器である。水位センサ９１は、制御部１０と電氣的に接続されている。水位センサ９１で測定された貯留タンク９の水位（以下、「検出水位値」ともいう）は、制御部１０へ検出信号として出力される。

【００４８】

本実施形態において、水位センサ９１は、例えば、レベルスイッチである。レベルスイッチは、予め設定された液面位置の検出器であり、例えば、複数の液面位置（例えば、２位置）を検出するように構成されている。図１は、水位センサ９１として、フロート式のレベルスイッチを設けた例を示す。なお、水位センサ９１は、レベルスイッチには制限されず、例えば、連続式レベルセンサであってもよい。連続式レベルセンサとしては、例えば、静電容量式センサ、圧力式センサ、超音波式センサ等が用いられる。

【００４９】

ここで、貯留タンク９の水位とＲＯ膜モジュール４で製造される透過水Ｗ２の流量との関係について説明する。図２は、貯留タンク９における設定水位と製造される透過水Ｗ２の流量との関係を示す説明図である。図２に示すように、本実施形態において、貯留タン

10

20

30

40

50

ク 9 の設定水位は、低い方から高い方に向けて順に、L , H の 2 段階に区分される。

【 0 0 5 0 】

設定水位 L は、透過水 W 2 を 1 0 0 % 流量値（第 1 目標流量値）で製造する上限水位である。貯留タンク 9 の水位が設定水位 L 以下となった場合、透過水 W 2 は 1 0 0 % 流量値で製造される。1 0 0 % 流量値（第 1 目標流量値）において、R O 膜モジュール 4 での回収率は、所要の回収率に調節される。

【 0 0 5 1 】

設定水位 H は、透過水 W 2 を 6 0 % 流量値（第 2 目標流量値）で製造する上限水位（満水水位）である。貯留タンク 9 の水位が設定水位 L を超え且つ設定水位 H 以下となった場合、透過水 W 2 は 6 0 % 流量値で製造される。6 0 % 流量値（第 2 目標流量値）において、R O 膜モジュール 4 での回収率は、所要の回収率に調節される。

また、貯留タンク 9 の水位が設定水位 H を超えた場合、透過水 W 2 の製造は停止される（0 % 流量値）。

【 0 0 5 2 】

制御部 1 0 は、C P U 及びメモリを含むマイクロプロセッサ（不図示）により構成される。以下、制御部 1 0 の機能について説明する。

【 0 0 5 3 】

< 透過水 W 2 の水量制御 >

制御部 1 0 は、透過水 W 2 の水量制御として、例えば、流量フィードバック水量制御、圧力フィードバック水量制御、又は温度フィードフォワード水量制御のいずれかを選択して実行できる。各水量制御の概要は、次の通りである。

【 0 0 5 4 】

流量フィードバック水量制御

制御部 1 0（ポンプ駆動制御部）は、透過水 W 2 の流量が予め設定された目標流量値（後述する第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値）となるように、第 1 流量センサ F M 1 の検出流量値（系内の物理量）をフィードバック値として、加圧ポンプ 2 を駆動するための駆動周波数を演算する。そして、制御部 1 0 は、駆動周波数の演算値に対応する指令信号（電流値信号又は電圧値信号）をインバータ 3 に出力する（以下、「流量フィードバック水量制御」ともいう）。なお、本水量制御における駆動周波数の演算には、例えば、速度形デジタル P I D アルゴリズムを用いることができる。

【 0 0 5 5 】

圧力フィードバック水量制御

制御部 1 0（ポンプ駆動制御部）は、透過水 W 2 の流量が予め設定された目標流量値（後述する第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値）となるように、加圧ポンプ 2 の検出圧力値（系内の物理量）をフィードバック値として、加圧ポンプ 2 の駆動周波数を演算する。そして、制御部 1 0 は、駆動周波数の演算値に対応する指令信号（電流値信号又は電圧値信号）をインバータ 3 に出力する（以下、「圧力フィードバック水量制御」ともいう）。なお、本水量制御における駆動周波数の演算には、例えば、速度形デジタル P I D アルゴリズムを用いることができる。

【 0 0 5 6 】

温度フィードフォワード水量制御

制御部 1 0（ポンプ駆動制御部）は、透過水 W 2 の流量が予め設定された目標流量値（後述する第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値）となるように、温度センサ T E の検出温度値（系内の物理量）をフィードフォワード値として、加圧ポンプ 2 の駆動周波数を演算する。そして、制御部 1 0 は、駆動周波数の演算値に対応する指令信号（電流値信号又は電圧値信号）をインバータ 3 に出力する（以下、「温度フィードフォワード水量制御」ともいう）。

【 0 0 5 7 】

濃縮水 W 3 の循環比の調節

濃縮水 W 3 の循環比とは、R O 膜モジュール 4 の二次側ポートから流出する透過水 W 2

10

20

30

40

50

の流量と一次側出口ポートから流出する濃縮水W3の流量との比率（濃縮水W3の流量 / 透過水W2の流量）である。循環比の所定値は、“5”程度が目安となる。

ここで、本実施形態においては、濃縮水ラインL3には、定流量弁5が設けられている。そのため、定流量弁5で濃縮水W3の流量を一定に保持しながら、前述したいずれかの水量制御により透過水W2の流量を一定に保持することで、濃縮水W3の循環比は、所定値に調節されることになる。

【0058】

<目標流量値の増減制御>

本増減制御は、前述した透過水W2の水量制御に付随して実行される。

制御部10（ポンプ駆動制御部）は、透過水W2の水量制御の実行中において、透過水W2の使用水量が減少するのに従い、目標流量値を減少させ、透過水W2の使用水量が増加するに従い、目標流量値を増加させる。

具体的には、制御部10は、水位センサ91で測定された貯留タンク9の検出水位値が大きくなるに従い（検出水位値 L）、目標流量値を減少させ、検出水位値が小さくなるに従い（L < 検出水位値 H）、目標流量値を増加させる。

【0059】

詳細には、制御部10は、検出水位値が設定水位値L以下の場合には、第1目標流量値（逆浸透膜分離装置1の定格出力である100%流量値）に設定すると共に、回収率を所定の第1回収率に設定する。また、制御部10は、検出水位値が設定水位値Lを超え且つ設定水位値H以下の場合には、第2目標流量値（60%流量値）に設定すると共に、回収率を所定の第2回収率に設定する。

【0060】

制御部10において、マイクロプロセッサのメモリには、上述した設定水位（L, H）、目標流量値（第1目標流量値、第2目標流量値）及び所定の各回収率を対応付けたデータテーブルが記憶されている。

【0061】

<透過水W2の回収率制御>

透過水W2の回収率とは、RO膜モジュール4に供給される供給水W1の流量に対する透過水W2の流量の比率（透過水W2の流量 / 供給水W1の流量）である。

制御部10は、透過水W2の回収率制御として、例えば、温度フィードフォワード回収率制御、水質フィードフォワード、又は水質フィードバック回収率制御のいずれかを選択して実行できる。各回収率制御の概要は、次の通りである。

【0062】

温度フィードフォワード回収率制御

制御部10は、予め取得された供給水W1のシリカ濃度、及び温度センサTEの検出温度値から決定したシリカ溶解度に基づいて、濃縮水W3におけるシリカの許容濃縮倍率を演算する。そして、制御部10は、許容濃縮倍率の演算値、及び透過水W2の目標流量値（後述する第1目標流量値又は第2目標流量値）から排水流量を演算し、濃縮水W3の実際排水量（第2流量センサFM2の検出流量値）が排水流量の演算値（目標排水流量）となるように、比例制御排水弁8の弁開度を制御する（以下、「温度フィードフォワード回収率制御」ともいう）。

【0063】

水質フィードフォワード回収率制御

制御部10は、予め取得された炭酸カルシウムの溶解度、及び硬度センサSの測定硬度値に基づいて、濃縮水W3における炭酸カルシウムの許容濃縮倍率を演算する。そして、制御部10は、許容濃縮倍率の演算値、及び透過水W2の目標流量値（後述する第1目標流量値又は第2目標流量値）から排水流量を演算し、濃縮水W3の実際排水量（第2流量センサFM2の検出流量値）が排水流量の演算値（目標排水流量）となるように、比例制御排水弁8の弁開度を制御する（以下、「水質フィードフォワード回収率制御」ともいう）。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

水質フィードバック回収率制御

制御部 10 は、第 1 電気伝導率センサ EC 1 の測定電気伝導率値が予め設定された目標電気伝導率となるように、比例制御排水弁 8 の弁開度をダイレクトに制御する（以下、「水質フィードバック回収率制御」ともいう）。なお、本制御における弁開度の決定には、例えば、速度形デジタル PID アルゴリズムを用いることができる。

【 0 0 6 5 】

< 比例制御排水弁 8 による排水流量の調節制御 >

本調節制御は、前述した回収率制御のうち、温度フィードフォワード回収率制御又は水質フィードフォワード回収率制御に付随して実行される。

制御部 10（排水制御部）は、第 2 流量センサ FM 2 の検出流量値が、前述した回収率制御で決定した排水流量の演算値（目標排水流量）となるように、排水流量調整手段としての比例制御排水弁 8 の弁開度を流量フィードバック制御する。なお、本調節制御における弁開度の演算には、例えば、速度形デジタル PID アルゴリズムを用いることができる。

【 0 0 6 6 】

< 圧力調整弁 7 による流動抵抗の調整制御 >

制御部 10（圧力調整制御部）は、第 2 圧力センサ PS 2 により検出された検出圧力値が所定の設定圧力値（目標圧力値）になるように、圧力調整弁 7 の弁開度（流路断面積）を調整するように制御する。これにより、循環水ライン L 4 における流動抵抗が調整される。この調整により、接続部 J 1 における中間圧力（定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力）を調整することができる。なお、本調整制御における弁開度の演算には、例えば、速度形デジタル PID アルゴリズムを用いることができる。

また、本調整制御では、比例制御排水弁 8 の二次側に第 3 圧力センサ（図示せず）を設け、第 2 圧力センサ及び第 3 圧力センサの検出圧力値の差分が所定の設定圧力値（目標圧力値）になるように、圧力調整弁 7 の弁開度を調整することもできる。

【 0 0 6 7 】

本実施形態においては、濃縮水ライン L 3 を流通する濃縮水 W 3 の流量は、定流量弁 5 により一定流量値に保持される。また、前述した回収率制御により、排水ライン L 5 を流通する濃縮水 W 3 2 の流量は、比例制御排水弁 8 により増減される。これにより、循環水ライン L 4 を流通する濃縮水 W 3 1 の流量も増減されるが、濃縮水 W 3 の循環比は一定に保たれる。

【 0 0 6 8 】

本実施形態においては、圧力調整弁 7 は、循環水ライン L 4 を流通する濃縮水 W 3 1 の流量を調整しようとするものではなく、接続部 J 1 における中間圧力（定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力）を調整しようとするものである。制御部 10 は、圧力調整弁 7 の弁開度（流路断面積）を変化させることで、接続部 J 1 における中間圧力（定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力）を調整する。

【 0 0 6 9 】

本実施形態においては、制御部 10 が圧力調整弁 7 の弁開度（流路断面積）を調整するように制御することで、接続部 J 1 における中間圧力を、比例制御排水弁 8 の一次側と二次側との間で所定の圧力差（一次側圧力 > 二次側圧力）が得られる圧力とすることができる。これにより、排水ライン L 5 における比例制御排水弁 8 の二次側の背圧が高くなった場合や、供給水ライン L 1 を流通する供給水 W 1 の圧力が低い場合においても、比例制御排水弁 8 の一次側と二次側との間で所定の圧力差が得られ、比例制御排水弁 8 を介して、濃縮水 W 3 2 を装置外へ排出できる。

また、供給水ライン L 1 を流通する供給水 W 1 の圧力や比例制御排水弁 8 の背圧が変動した場合においても、制御部 10 により、接続部 J 1 における中間圧力を所定の圧力値に制御することができ、より確実な排水流量の調節を実現することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

< フラッシング運転制御 >

制御部 1 0 は、所定の条件を充足した場合に、フラッシング運転制御を実行する。所定の条件としては、例えば、以下の〔 a 〕～〔 d 〕が列挙される。

〔 a 〕透過水 W 2 の製造を終了した場合（装置の運転を終了した場合）

〔 b 〕前回のフラッシング運転の終了後、透過水 W 2 を製造しない継続時間が設定時間（例：1 時間）となった場合

〔 c 〕前回のフラッシング運転の終了後、透過水 W 2 の製造積算時間が設定時間（例：3 0 分）に達した場合

〔 d 〕R O 膜モジュール 4 の膜の汚染度が許容値を超えた場合

10

R O 膜の汚染度は、例えば、R O 膜モジュール 4 の一次側入口ポートと一次側出口ポートの間の圧力差を差圧計（図示せず）で計測すること等により求められる。

フラッシング運転制御は、例えば、〔 a 〕，〔 d 〕の条件では、1 2 0 秒実行される。また、例えば、〔 b 〕，〔 c 〕の条件では、6 0 秒実行される。

【 0 0 7 1 】

フラッシング運転制御においては、制御部 1 0 は、R O 膜モジュール 4 の一次側の洗浄を実行する。フラッシング運転制御では、供給水 W 1 が R O 膜モジュール 4 の一次側に供給される。フラッシング運転制御において、加圧ポンプ 2 は、最大駆動周波数（5 0 H z 又は 6 0 H z ）よりも低い駆動周波数（例えば、3 0 H z ）に固定される。このとき、供給水 W 1 のほとんどは、R O 膜を透過することなく、R O 膜の表面を流れ、フラッシング洗淨排水として、濃縮水ライン L 3 を介して、排水ライン L 5 から外部に排出される。このフラッシング運転制御により、R O 膜の表面に析出したスケール核や沈着した懸濁物質が除去される。フラッシング運転制御が所定時間（例えば、1 2 0 秒，6 0 秒）実行されると、透過水 W 2 の製造が可能とされる。

20

【 0 0 7 2 】

次に、制御部 1 0 による目標流量値の増減及び回収率の調節について説明する。図 3 は、制御部 1 0 において目標流量値を増減しながら回収率を調節する場合の処理手順を示すフローチャートである。図 3 に示すフローチャートの処理は、逆浸透膜分離装置 1 の運転中において、繰り返し実行される。

【 0 0 7 3 】

30

図 3 に示すステップ S T 1 0 1 において、制御部 1 0 は、水位センサ 9 1 の検出水位値 W を取得する。

【 0 0 7 4 】

ステップ S T 1 0 2 において、制御部 1 0 は、検出水位値 W が設定水位 L 以下か否かを判定する。このステップ S T 1 0 2 において、制御部 1 0 により、検出水位値 W 設定水位 L である（Y E S ）と判定された場合に、処理はステップ S T 1 0 3 へ移行する。また、ステップ S T 1 0 2 において、制御部 1 0 により、検出水位値 W > 設定水位 L である（N O ）と判定された場合に、処理はステップ S T 1 0 5 へ移行する。

【 0 0 7 5 】

40

ステップ S T 1 0 3 （ステップ S T 1 0 2 ： Y E S ）において、制御部 1 0 は、透過水 W 2 の流量を第 1 目標流量値に設定する。このように、検出水位値 W が設定水位 L 以下の場合には、貯留タンク 9 の貯水量を上げるため、透過水 W 2 の目標流量値を定格出力である 1 0 0 % 流量値となる第 1 目標流量値に設定した上で、選択されている水量制御を実行する。

【 0 0 7 6 】

ステップ S T 1 0 4 において、制御部 1 0 は、選択されている回収率制御に従い、比例制御排水弁 8 の弁開度を調節する。以上により、本フローチャートの処理は終了する（ステップ S T 1 0 1 へリターンする）。

【 0 0 7 7 】

一方、ステップ S T 1 0 5 （ステップ S T 1 0 2 ： N O ）において、制御部 1 0 は、検

50

出水位値 W が設定水位 L を超え且つ設定水位 H 以下か否かを判定する。このステップ $ST105$ において、制御部 10 により、設定水位 $L < \text{検出水位値 } W < \text{設定水位 } H$ である (YES) と判定された場合に、処理はステップ $ST106$ へ移行する。また、ステップ $ST105$ において、制御部 10 により、検出水位値 $W > \text{設定水位 } H$ である (NO) と判定された場合に、処理はステップ $ST108$ へ移行する。

【0078】

ステップ $ST106$ (ステップ $ST105$: YES) において、制御部 10 は、透過水 $W2$ の流量を第2目標流量値に設定する。第2目標流量値は、第1目標流量値よりも少ない流量値である。このように、検出水位値 W が設定水位 L を超え且つ設定水位 H 以下の場合には、透過水 $W2$ の目標流量値を60%流量値となる第2目標流量値に設定した上で、選択されている水量制御を実行する。この結果、貯留タンク9に十分な貯水量が確保されている場合には、加圧ポンプ2の回転数を下げることで省エネが図られる。

10

【0079】

ステップ $ST107$ において、制御部 10 は、選択されている回収率制御に従い、比例制御排水弁8の弁開度を調節する。以上により、本フローチャートの処理は終了する (ステップ $ST101$ へリターンする)。

【0080】

一方、ステップ $ST108$ (ステップ $ST105$: NO) において、制御部 10 は、加圧ポンプ2を停止させるように、インバータ3を制御する。以上により、本フローチャートの処理は終了する (ステップ $ST101$ へリターンする)。

20

【0081】

< 透過水 $W2$ の水量制御及び回収率制御の制御例 >

次に、透過水 $W2$ の水量制御及び回収率制御について、具体的な制御例を説明する。

ここでは、「流量フィードバック水量制御」と「温度フィードフォワード回収率制御」とが組み合わされて実行されるパターン (制御例1)、「圧力フィードバック水量制御」と「水質フィードフォワード回収率制御」とが組み合わされて実行されるパターン (制御例2)、「温度フィードフォワード水量制御」と「水質フィードバック回収率制御」とが組み合わされて実行されるパターン (制御例3) を例示する。なお、本願では、制御例1~3以外の組み合わせを排除するものではない。

【0082】

30

制御例1

制御部 10 による流量フィードバック水量制御について、図4を参照して説明する。また、制御部 10 による温度フィードフォワード回収率制御について、図5を参照して説明する。この温度フィードフォワード回収率制御は、流量フィードバック水量制御と並行して実行される。図4は、制御部 10 が流量フィードバック水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図5は、制御部 10 が温度フィードフォワード回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図4及び図5に示すフローチャートの処理は、逆浸透膜分離装置1の運転中において、繰り返し実行される。

【0083】

まず、制御部 10 による流量フィードバック水量制御について説明する。

40

図4に示すステップ $ST201$ において、制御部 10 は、透過水 $W2$ の目標流量値 Q_p' を取得する。この目標流量値 Q_p' は、例えば、図3に示すフローチャートのステップ $ST103$ 又はステップ $ST106$ において設定された第1目標流量値又は第2目標流量値である。

【0084】

ステップ $ST202$ において、制御部 10 は、第1流量センサ $FM1$ で検出された透過水 $W2$ の検出流量値 Q_p を取得する。

【0085】

ステップ $ST203$ において、制御部 10 は、ステップ $ST202$ で取得した検出流量値 (フィードバック値) Q_p とステップ $ST201$ で取得した目標流量値 Q_p' との偏差

50

がゼロとなるように、速度形デジタルPIDアルゴリズムにより操作量 U （後述する U_n ）を演算する。なお、速度形デジタルPIDアルゴリズムでは、制御周期（例えば、100ms）毎に操作量の変化分 ΔU を演算し、これを前回の操作量 U_{n-1} に加算することで今回の操作量 U_n を決定する（ n は、演算回数）。

【0086】

ステップST204において、制御部10は、操作量 U 、目標流量値 Q_p' 及び加圧ポンプ2の最大駆動周波数（50Hz又は60Hzの設定値）に基づいて、加圧ポンプ2の駆動周波数 F を演算する。

【0087】

ステップST205において、制御部10は、駆動周波数 F の演算値を、対応する電流値信号（4～20mA）に変換する。

ステップST206において、制御部10は、変換した電流値信号をインバータ3に出力する。以上により本フローチャートの処理は終了する（ステップST201へリターンする）。

【0088】

次に、流量フィードバック水量制御と並行して実行される温度フィードフォワード回収率制御について説明する。

図5に示すステップST301において、制御部10は、透過水W2の目標流量値 Q_p' を取得する。この目標流量値 Q_p' は、例えば、図3に示すフローチャートのステップST103又はステップST106において設定された第1目標流量値又は第2目標流量値である。

【0089】

ステップST302において、制御部10は、供給水W1のシリカ（ SiO_2 ）濃度 C_s を取得する。このシリカ濃度 C_s は、例えば、システム管理者がユーザーインターフェース（不図示）を介してメモリに入力した設定値である。供給水W1のシリカ濃度は、事前に供給水W1を水質分析することにより得ることができる。なお、供給水ラインL1において、不図示の水質センサ（例えば、モリブデンイエロー法を応用した比色式の水質センサ）により供給水W1のシリカ濃度を計測してもよい。

【0090】

ステップST303において、制御部10は、温度センサTEから供給水W1の検出温度値 T を取得する。

ステップST304において、制御部10は、取得した検出温度値 T に基づいて、水に対するシリカ溶解度 S_s を決定する。

【0091】

ステップST305において、制御部10は、前のステップで取得又は決定したシリカ濃度 C_s 、及びシリカ溶解度 S_s に基づいて、濃縮水W3におけるシリカの許容濃縮倍率 N_s を演算する。シリカの許容濃縮倍率 N_s は、下記の式（1）により求めることができる。

$$N_s = S_s / C_s \quad (1)$$

【0092】

例えば、シリカ濃度 C_s が20mg SiO_2 / L、25℃におけるシリカ溶解度 S_s が100mg SiO_2 / Lであれば、許容濃縮倍率 N_s は“5”となる。

【0093】

ステップST306において、制御部10は、前のステップで取得又は演算した目標流量値 Q_p' 、及び許容濃縮倍率 N_s に基づいて、回収率が最大となる排水流量（目標排水流量 Q_d' ）を演算する。目標排水流量 Q_d' は、下記の式（2）により求めることができる。

$$Q_d' = Q_p' / (N_s - 1) \quad (2)$$

【0094】

ステップST307において、制御部10は、濃縮水W3の実際排水流量 Q_d がステッ

ブ S T 3 0 6 で演算した目標排水流量 Q_d' となるように、比例制御排水弁 8 の弁開度を調節する。具体的には、制御部 1 0 は、第 2 流量センサ F M 2 の検出流量値が、目標排水流量 Q_d' となるように、比例制御排水弁 8 の弁開度を流量フィードバック制御する。弁開度（操作量）の演算には、速度形デジタル P I D アルゴリズムを用いることが好ましい。以上により本フローチャートの処理は終了する（ステップ S T 3 0 1 へリターンする）。なお、このステップ S T 3 0 7 は、図 3 のステップ S T 1 0 4 又はステップ S T 1 0 7 に対応している。

【 0 0 9 5 】

制御例 2

制御部 1 0 による圧力フィードバック水量制御について、図 6 を参照して説明する。また、制御部 1 0 による水質フィードフォワード回収率制御について、図 7 を参照して説明する。この温度フィードフォワード回収率制御は、圧力フィードバック水量制御と並行して実行される。図 6 は、制御部 1 0 が圧力フィードバック水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図 7 は、制御部 1 0 が水質フィードフォワード回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図 6 及び図 7 に示すフローチャートの処理は、逆浸透膜分離装置 1 の運転中において、繰り返し実行される。

【 0 0 9 6 】

まず、制御部 1 0 による圧力フィードバック水量制御について説明する。

図 6 に示すステップ S T 4 0 1 において、制御部 1 0 は、透過水 W 2 の目標流量値 Q_p' を取得する。この目標流量値 Q_p' は、例えば、図 3 に示すフローチャートのステップ S T 1 0 3 又はステップ S T 1 0 6 において設定された第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値である。

【 0 0 9 7 】

ステップ S T 4 0 2 において、制御部 1 0 は、R O 膜モジュール 4 の基準温度（25）における水透過係数 L_p を取得する。この水透過係数 L_p は、例えば、システム管理者がユーザーインターフェース（不図示）を介してメモリに入力した設定値である。

【 0 0 9 8 】

なお、この圧力フィードバック水量制御を、前述の流量フィードバック水量制御のバックアップとして実行することができる。その場合、水透過係数 L_p は、第 1 流量センサ F M 1（図 1 参照）の故障が発生する直前の演算値でもよい。

【 0 0 9 9 】

基準温度における水透過係数 L_p の演算値は、下記の式（3）及び（4）に基づいて求めることができる。

$$L_p = Q_p / (K \cdot A \cdot P_e) \quad (3)$$

（但し、K：温度補正係数、A：R O 膜モジュール 4 の膜面積、 P_e ：有効圧力）

$$P_e = P_d - (P_1 / 2) - P_2 - \quad + P_s \quad (4)$$

（但し、 P_d ：加圧ポンプ 2 の吐出圧力、 P_1 ：R O 膜モジュール 4 の一次側における差圧、 P_2 ：R O 膜モジュール 4 の二次側における背圧、 \quad ：R O 膜モジュール 4 の浸透圧差、 P_s ：加圧ポンプ 2 の吸入側における圧力）

【 0 1 0 0 】

式（3）において、温度補正係数 K は、温度センサ T E の検出温度値 T の関数である。膜面積 A は、逆浸透膜エレメントの使用本数により定まるので、予め設定した値を使用することができる。式（4）による有効圧力 P_e の計算において、 P_1 、 P_2 、 \quad 、及び P_s の各値は、定常運転中は、ほぼ一定と看做せるため、予め設定した値を使用することができる。従って、逆浸透膜分離装置の運転中に、温度センサ T E の検出温度値 T、第 1 流量センサ F M 1 の検出流量値 Q_p 、及び第 1 圧力センサ P S 1 の検出圧力値 P_d からなる少なくとも 3 つのパラメータを取得すれば、基準温度における水透過係数 L_p を演算することができる。

【 0 1 0 1 】

ステップ S T 4 0 3 において、制御部 1 0 は、温度センサ T E で検出された供給水 W 1

の検出温度値 T を取得する。

ステップ $ST404$ において、制御部 10 は、ステップ $ST403$ で取得した検出温度値 T に基づいて、温度補正係数 K を演算する。

【0102】

ステップ $ST405$ において、制御部 10 は、前のステップで取得又は演算した目標流量値 Q_p' 、水透過係数 L_p 、温度補正係数 K 、及び所要の設定値 (A 、 P_1 、 P_2 、 P_s) を用いて、上記の式 (3) 及び (4) に基づいて、加圧ポンプ 2 の吐出圧力 P_d' を演算する。そして、この吐出圧力 P_d' の演算値を目標圧力値として設定する。

【0103】

ステップ $ST406$ において、制御部 10 は、第 1 圧力センサ $PS1$ で検出された加圧ポンプ 2 の検出圧力値 P_d を取得する。

10

【0104】

ステップ $ST407$ において、制御部 10 は、ステップ $ST406$ で取得した検出圧力値 (フィードバック値) P_d とステップ $ST405$ で設定した目標圧力値 P_d' との偏差がゼロとなるように、速度形デジタル PID アルゴリズムにより操作量 U (後述する U_n) を演算する。なお、速度形デジタル PID アルゴリズムでは、制御周期 (例えば、 100ms) 毎に操作量の変化分 ΔU を演算し、これを前回の操作量 U_{n-1} に加算することで今回の操作量 U_n を決定する (n は、演算回数)。

【0105】

ステップ $ST408$ において、制御部 10 は、操作量 U 、目標圧力値 P_d' 及び加圧ポンプ 2 の最大駆動周波数 (50Hz 又は 60Hz の設定値) に基づいて、加圧ポンプ 2 の駆動周波数 F を演算する。

20

【0106】

ステップ $ST409$ において、制御部 10 は、駆動周波数 F の演算値を、対応する電流値信号 ($4 \sim 20\text{mA}$) に変換する。

ステップ $ST410$ において、制御部 10 は、変換した電流値信号をインバータ 3 に出カする。以上により本フローチャートの処理は終了する (ステップ $ST401$ へリターンする)。

【0107】

次に、圧力フィードバック水量制御と並行して実行される水質フィードフォワード回収率制御について説明する。

30

図 7 に示すステップ $ST501$ において、制御部 10 は、透過水 $W2$ の目標流量値 Q_p' を取得する。この目標流量値 Q_p' は、例えば、図 3 に示すフローチャートのステップ $ST103$ 又はステップ $ST106$ において設定された第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値である。

ステップ $ST502$ において、制御部 10 は、硬度センサ S で測定された供給水 $W1$ の測定硬度値 C_c を取得する。

【0108】

ステップ $ST503$ において、制御部 10 は、水に対する炭酸カルシウム溶解度 S_c を取得する。この炭酸カルシウム溶解度 S_c は、例えば、システム管理者がユーザーインターフェース (不図示) を介してメモリに入力した設定値である。尚、水に対する炭酸カルシウム溶解度は、通常の運転温度 ($5 \sim 35$) では、ほぼ一定値と看做せる。

40

【0109】

ステップ $ST504$ において、制御部 10 は、前のステップで取得した測定硬度値 C_c 、及び炭酸カルシウム溶解度 S_c に基づいて、濃縮水 $W3$ における炭酸カルシウムの許容濃縮倍率 N_c を演算する。炭酸カルシウムの許容濃縮倍率 N_c は、下記の式 (5) により求めることができる。

$$N_c = S_c / C_c \quad (5)$$

【0110】

例えば、測定硬度値 C_c が $3\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ 、 25 における炭酸カルシウム溶解

50

度 S_c が $15 \text{ mg CaCO}_3 / \text{L}$ であれば、許容濃縮倍率 N_c は “ 5 ” となる。

【 0 1 1 1 】

ステップ $ST505$ において、制御部 10 は、前のステップで取得又は演算した目標流量値 Q_p' 、及び許容濃縮倍率 N_c に基づいて、回収率が最大となる排水流量（目標排水流量 Q_d' ）を演算する。目標排水流量 Q_d' は、下記の式（6）により求めることができる。

$$Q_d' = Q_p' / (N_c - 1) \quad (6)$$

【 0 1 1 2 】

ステップ $ST506$ において、制御部 10 は、濃縮水 $W3$ の実際排水流量 Q_d がステップ $ST505$ で演算した目標排水流量 Q_d' となるように、比例制御排水弁 8 の弁開度を調節する。具体的には、制御部 10 は、第 2 流量センサ $FM2$ の検出流量値が、目標排水流量 Q_d' となるように、比例制御排水弁 8 の弁開度を流量フィードバック制御する。弁開度（操作量）の演算には、速度形デジタル PID アルゴリズムを用いることが好ましい。以上により本フローチャートの処理は終了する（ステップ $ST501$ へリターンする）。なお、このステップ $ST506$ は、図 3 のステップ $ST104$ 又はステップ $ST107$ に対応している。

【 0 1 1 3 】

制御例 3

制御部 10 による温度フィードフォワード水量制御について、図 8 を参照して説明する。また、制御部 10 による水質フィードバック回収率制御について、図 9 を参照して説明する。この水質フィードバック回収率制御は、温度フィードフォワード水量制御と並行して実行される。図 8 は、制御部 10 が温度フィードフォワード水量制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図 9 は、制御部 10 が水質フィードバック回収率制御を実行する場合の処理手順を示すフローチャートである。図 8 及び図 9 に示すフローチャートの処理は、逆浸透膜分離装置 1 の運転中において、繰り返し実行される。

【 0 1 1 4 】

まず、制御部 10 による温度フィードフォワード水量制御について説明する。

図 8 に示すステップ $ST601$ において、制御部 10 は、透過水 $W2$ の目標流量値 Q_p' を取得する。この目標流量値 Q_p' は、例えば、図 3 に示すフローチャートのステップ $ST103$ 又はステップ $ST106$ において設定された第 1 目標流量値又は第 2 目標流量値である。

【 0 1 1 5 】

ステップ $ST602$ において、制御部 10 は、 RO 膜モジュール 4 の基準温度（25）における水透過係数 L_p を取得する。この水透過係数 L_p は、例えば、システム管理者がユーザーインターフェース（不図示）を介してメモリに入力した設定値である。

【 0 1 1 6 】

なお、この温度フィードフォワード水量制御を、前述の流量フィードバック水量制御のバックアップとして実行することができる。その場合、水透過係数 L_p は、第 1 流量センサ $FM1$ （図 1 参照）の故障が発生する直前の演算値でもよい。基準温度における水透過係数 L_p は、前述の圧力フィードバック水量制御の説明で説明した手法により演算することができる。

【 0 1 1 7 】

ステップ $ST603$ において、制御部 10 は、温度センサ TE で検出された供給水 $W1$ の検出温度値 T を取得する。

ステップ $ST604$ において、制御部 10 は、ステップ $ST603$ で取得した検出温度値 T に基づいて、温度補正係数 K を演算する。

【 0 1 1 8 】

ステップ $ST605$ において、制御部 10 は、前のステップで取得又は演算した目標流量値 Q_p' 、水透過係数 L_p 、温度補正係数 K 、及び所要の設定値（ A 、 P_1 、 P_2 、 P_s ）を用いて、前述の説明で説明した式（3）及び（4）に基づいて、加圧ポン

プ 2 の吐出圧力 P_d' を演算する。

【 0 1 1 9 】

ステップ S T 6 0 6 において、制御部 1 0 は、吐出圧力 P_d' の演算値を用いて、下記の式 (7) に基づいて、加圧ポンプ 2 の駆動周波数 F を演算する。

$$F = a \cdot P_d'^2 + b \cdot P_d' + c \quad (7)$$

(但し、 a , b , c : 加圧ポンプ 2 の仕様により定まる係数)

【 0 1 2 0 】

ステップ S T 6 0 7 において、制御部 1 0 は、駆動周波数 F の演算値を、対応する電流値信号 (4 ~ 2 0 m A) に変換する。

ステップ S T 6 0 8 において、制御部 1 0 は、変換した電流値信号をインバータ 3 に出力する。以上により本フローチャートの処理は終了する (ステップ S T 6 0 1 へリターンする) 。

【 0 1 2 1 】

次に、温度フィードフォワード水量制御と並行して実行される水質フィードバック回収率制御について説明する。

図 9 に示すステップ S T 7 0 1 において、制御部 1 0 は、透過水 $W 2$ の目標電気伝導率値 E_p' を取得する。目標電気伝導率値 E_p' は、透過水 $W 2$ に要求される純度の指標である。目標電気伝導率値 E_p' は、例えば、システム管理者がユーザーインターフェース (不図示) を介してメモリに入力した設定値である。

【 0 1 2 2 】

ステップ S T 7 0 2 において、制御部 1 0 は、第 1 電気伝導率センサ $E C 1$ で測定された透過水 $W 5$ の測定電気伝導率値 E_p を取得する。

【 0 1 2 3 】

ステップ S T 7 0 3 において、制御部 1 0 は、ステップ S T 7 0 2 で取得した測定電気伝導率値 (フィードバック値) E_p とステップ S T 7 0 1 で取得した目標電気伝導率値 E_p' との偏差がゼロとなるように、比例制御排水弁 8 の弁開度をフィードバック制御する。すなわち、濃縮水 $W 3$ の排水流量を連続的に増減させることにより、要求純度の透過水 $W 2$ が得られるように、膜表面の溶存塩類の濃度を変化させる。以上により本フローチャートの処理は終了する (ステップ S T 7 0 1 へリターンする) 。なお、このステップ S T 7 0 3 は、図 3 のステップ S T 1 0 4 又はステップ S T 1 0 7 に対応している。

【 0 1 2 4 】

上述した第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 によれば、例えば、以下のような効果が得られる。

第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、逆浸透膜モジュール 4 と、供給水ライン $L 1$ と、透過水ライン $L 2$ と、濃縮水ライン $L 3$ と、濃縮水ライン $L 3$ から分岐される循環水ライン $L 4$ と、濃縮水ライン $L 3$ から分岐され排水ライン $L 5$ と、濃縮水ライン $L 3$ に設けられる定流量弁 5 と、排水ライン $L 5$ に設けられる比例制御排水弁 8 と、循環水ライン $L 4$ に設けられ、定流量弁 5 の二次側の圧力であって比例制御排水弁 8 の一次側の圧力である中間圧力を所定の設定圧力値に調整する圧力調整弁 7 と、供給水ライン $L 1$ に設けられる加圧ポンプ 2 と、駆動周波数を加圧ポンプ 2 に出力するインバータ 3 と、透過水 $W 2$ の流量が予め設定された目標流量値となるように指令信号をインバータ 3 に出力する制御部 (ポンプ駆動制御部) 1 0 と、を備える。

【 0 1 2 5 】

そのため、定流量弁 5 で濃縮水 $W 3$ の流量を一定に保持しながら、水量制御により透過水 $W 2$ の流量を一定に保持することで、濃縮水 $W 3$ の循環比 (濃縮水の流量 / 透過水の流量) を所定値に調節することができる。また、圧力調整弁 7 により中間圧力を所定の設定圧力値に調整することで、中間圧力を比例制御排水弁 8 の一次側と二次側との間で圧力差が得られる圧力とすることができる。これにより、排水ライン $L 5$ における比例制御排水弁 8 の二次側の背圧が高くなった場合や、供給水ライン $L 1$ を流通する供給水 $W 1$ の圧力が低い場合においても、比例制御排水弁 8 の一次側と二次側との間で所定の圧力差 (一次

10

20

30

40

50

側圧力＜二次側圧力）が得られ、比例制御排水弁 8 を介して、濃縮水 W 3 2 を装置外へ排出できる。

【 0 1 2 6 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、圧力調整弁 7 は、循環水ライン L 4 を流通する濃縮水 W 3 1 の流動抵抗を調整することによって中間圧力を調整可能に構成され、制御部 1 0（圧力調整制御部）は、第 2 圧力センサ P S 2 により検出された検出圧力値が所定の設定圧力値になるように圧力調整弁 7 を調整するように制御する。

これにより、供給水ライン L 1 を流通する供給水 W 1 の圧力や比例制御排水弁 8 の背圧が変動した場合においても、制御部 1 0 により、接続部 J 1 における中間圧力を所定の圧力値に制御することができ、より確実な排水流量の調節を実現することができる。

10

【 0 1 2 7 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、流量フィードバック水量制御により透過水 W 2 の流量を制御する。流量フィードバック水量制御で用いる速度形デジタル P I D アルゴリズムでは、前回の操作量からの変化分を演算し、これに前回の操作量を加算して今回の操作量を求める方式であるため、検出流量値 Q_p が離散値の場合でも、目標流量値 Q_p' との偏差を高速に解消することができる。そのため、温度変化や膜の閉塞等により R O 膜モジュール 4 の水透過係数が急激に変化した場合でも、その変化に十分に追従することができる。従って、R O 膜モジュール 4 の水透過係数が急激に変化した場合に、透過水 W 2 の流量を目標流量値 Q_p' に短時間で収束させ、安定した水量の透過水 W 2 を製造することができる。

20

【 0 1 2 8 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、圧力フィードバック水量制御により透過水 W 2 の流量を制御する。この圧力フィードバック水量制御は、流量フィードバック水量制御のバックアップとして実行することができる。このため、流量フィードバック水量制御の実行中において、第 1 流量センサ F M 1（図 1 参照）に故障が発生した場合でも、圧力フィードバック水量制御に切り換えることにより、安定した水量の透過水 W 4 を製造することができる。

【 0 1 2 9 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、温度フィードフォワード水量制御により透過水 W 2 の流量を制御する。この温度フィードフォワード水量制御は、第 1 実施形態における流量フィードバック水量制御のバックアップとして実行することができる。このため、流量フィードバック水量制御の実行中において、第 1 流量センサ F M 1（図 1 参照）に故障が発生した場合でも、温度フィードフォワード水量制御に切り換えることにより、安定した水量の透過水 W 2 を製造することができる。

30

【 0 1 3 0 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、温度フィードフォワード回収率制御を実行する。このため、逆浸透膜分離装置 1 においては、透過水 W 2 の回収率を最大としつつ、R O 膜モジュール 4 におけるシリカ系スケールの析出をより確実に抑制することができる。

【 0 1 3 1 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、水質フィードフォワード回収率制御を実行する。このため、前段の硬水軟化装置からの硬度リーク量が増加した場合でも、逆浸透膜分離装置 1 A においては、透過水 W 2 の回収率を最大としつつ、R O 膜モジュール 4 における炭酸カルシウム系スケールの析出をより確実に抑制することができる。

40

【 0 1 3 2 】

また、第 1 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 においては、制御部 1 0 は、水質フィードバック回収率制御を実行する。このため、逆浸透膜分離装置 1 A においては、透過水 W 2 に要求される水質を満たしつつ、透過水 W 2 の回収率を最大限にまで高めることができる。

50

【 0 1 3 3 】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 A の構成について、図 1 0 を参照して説明する。図 1 0 は、第 2 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 A の全体構成図である。なお、第 2 実施形態では、主に第 1 実施形態との相違点について説明する。第 2 実施形態では、第 1 実施形態と同一又は同等の構成については同じ符号を付して説明する。また、第 2 実施形態では、第 1 実施形態と重複する説明を適宜に省略する。

【 0 1 3 4 】

図 1 0 に示すように、第 2 実施形態に係る逆浸透膜分離装置 1 A は、定流量弁 5 に代えて定流量可変手段としての定流量可変機構部 5 0 が、濃縮水ライン L 3 に設けられる点において、第 1 実施形態の逆浸透膜分離装置 1 と異なる。また、第 2 実施形態の濃縮水ライン L 3 A の構成は、第 1 実施形態の濃縮水ライン L 3 と異なる。

10

【 0 1 3 5 】

第 2 実施形態の逆浸透膜分離装置 1 A においては、濃縮水ライン L 3 A は、上流側濃縮水ライン L 3 1 と、上流側濃縮水ライン L 3 1 から分岐される第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 と、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 が合流する下流側濃縮水ライン L 3 4 と、を有する。

【 0 1 3 6 】

上流側濃縮水ライン L 3 1 は、上流側において R O 膜モジュール 4 の一次側出口ポートに接続され、下流側は、接続部 J 1 1 において、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 に分岐している。

20

第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 の上流側は、接続部 J 1 1 において、上流側濃縮水ライン L 3 1 から分岐している。第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 の下流側は、接続部 J 1 2 において、下流側濃縮水ライン L 3 4 に合流する。

下流側濃縮水ライン L 3 4 の上流側は、接続部 J 1 2 において、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 に接続されている。下流側濃縮水ライン L 3 4 の下流側は、接続部 J 1 において、循環水ライン L 4 及び排水ライン L 5 に分岐している。

【 0 1 3 7 】

定流量可変機構部 5 0 は、濃縮水ライン L 3 A に設けられる。定流量可変機構部 5 0 は、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の流量を所定の一定流量値に保持し且つ一定流量値を可変可能である。

30

【 0 1 3 8 】

定流量可変機構部 5 0 は、第 1 定流量弁 5 1 と、第 2 定流量弁 5 2 と、開閉弁 5 3 と、を有する。第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 定流量弁 5 2 は、濃縮水ライン L 3 A に並列に設けられる。具体的には、第 1 定流量弁 5 1 は、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 に設けられている。第 2 定流量弁 5 2 は、第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 に設けられている。

【 0 1 3 9 】

第 1 定流量弁 5 1 は、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 を流通する濃縮水 W 3 の流量を所定の一定流量値に保持するように調節する機器である。第 2 定流量弁 5 2 は、第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 を流通する濃縮水 W 3 の流量を所定の一定流量値に保持するように調節する機器である。第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 定流量弁 5 2 それぞれにおいて保持される一定流量値は、一定流量値に幅がある概念であり、定流量弁における目標流量値のみに限られない。例えば、定流量機構の特性（例えば、材質や構造に起因する温度特性等）を考慮して、定流量弁における目標流量値に対して、 $\pm 10\%$ 程度の調節誤差を有するものを含む。第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 定流量弁 5 2 は、補助動力や外部操作を必要とせず一定流量値を保持するものであり、例えば、水ガバナの名称で呼ばれるものが挙げられる。なお、第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 定流量弁 5 2 は、補助動力や外部操作により動作して、一定流量値を保持するものでもよい。

40

【 0 1 4 0 】

50

本実施形態においては、第 1 定流量弁 5 1 は、一定流量値として目標流量値を第 1 流量値 F 1 とする定流量弁である。また、第 2 定流量弁 5 2 は、一定流量値として目標流量値を第 2 流量値 F 2 とする定流量弁である。第 1 流量値 F 1 は、第 1 実施形態の定流量弁 5 の 60 % 流量値に設定される。また、第 2 流量値 F 2 は、例えば、第 1 実施形態の定流量弁 5 の 40 % 流量値に設定される。

【 0 1 4 1 】

開閉弁 5 3 は、第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 における第 2 定流量弁 5 2 よりも上流側に設けられる。開閉弁 5 3 は、第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 を、開状態又は閉状態に開閉可能である。開閉弁 5 3 が開状態においては、開閉弁 5 3 は、第 2 定流量弁 5 2 への濃縮水 W 3 の流入を許可する。開閉弁 5 3 が閉状態においては、開閉弁 5 3 は、第 2 定流量弁 5 2 への濃縮水 W 3 の流入を阻止する。開閉弁 5 3 は、後述する制御部 10 A (定流量制御部) により開閉が制御される。

10

【 0 1 4 2 】

第 2 実施形態においては、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の流量は、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 を流通する濃縮水の合計流量である。具体的には、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の流量は、開閉弁 5 3 が開状態の場合は、第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 定流量弁 5 2 を流通する濃縮水の合計流量であり、開閉弁 5 3 が閉状態の場合には、第 1 定流量弁 5 1 を流通する濃縮水の流量である。

【 0 1 4 3 】

例えば、第 1 定流量弁 5 1 が一定流量値として目標流量値を第 1 流量値 F 1 とする定流量弁であり、第 2 定流量弁 5 2 が一定流量値として目標流量値を第 2 流量値 F 2 とする定流量弁である場合において、開閉弁 5 3 が開状態の場合には、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の流量 F は、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 における第 1 定流量弁 5 1 及び第 2 中間濃縮水ライン L 3 3 における第 2 定流量弁 5 2 を流れる濃縮水 W 3 の合計流量 F s である ($F s = F 1 + F 2$: 100 % 流量値) 。開閉弁 5 3 が閉状態の場合には、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の流量 F は、第 1 中間濃縮水ライン L 3 2 における第 1 定流量弁 5 1 のみを流れる濃縮水 W 3 の第 1 流量値 F 1 (60 % 流量値) である。

20

【 0 1 4 4 】

制御部 10 A は、CPU 及びメモリ含むマイクロプロセッサ (不図示) により構成される。以下、制御部 10 A の機能について説明する。

30

【 0 1 4 5 】

制御部 10 A は、第 1 実施形態の制御部 10 と同様に、次の各種制御〔 1 〕～〔 6 〕を実行する。各種制御の詳細は、前述の通りであるため、その説明を省略する。

〔 1 〕透過水 W 2 の水量制御

〔 2 〕目標流量値の増減制御

〔 3 〕透過水 W 2 の回収率制御

〔 4 〕比例制御排水弁 8 による排水流量の調節制御

〔 5 〕圧力調整弁 7 による流動抵抗の調整制御

〔 6 〕フラッシング運転制御

また、本実施形態においては、第 1 実施形態で説明した制御例 1 ～ 3 が実行される。これらの制御例の詳細は、前述の通りであるため、その説明を省略する。

40

【 0 1 4 6 】

< 濃縮水 W 3 の一定流量値の調節制御 >

本調節制御は、前述した目標流量値の増減制御に付随して実行され、定流量可変機構部 50 を制御対象とする。

制御部 10 A (定流量制御部) は、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の一定流量値を増減させるように、開閉弁 5 3 の開閉を制御する。

具体的には、制御部 10 A は、目標流量値が減少するのに従い (第 1 目標流量値 第 2 目標流量値) 、濃縮水ライン L 3 A を流通する濃縮水 W 3 の一定流量値を減少させ、目標流量値が増加するのに従い (第 2 目標流量値 第 1 目標流量値) 、濃縮水ライン L 3 A を

50

流通する濃縮水W3の一定流量値を増加させる。

【0147】

詳細には、制御部10Aは、目標流量値が第2目標流量値(60%流量値)に設定された場合には、開閉弁53を閉状態に制御する。これにより、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の一定流量値を、第1定流量弁51のみを流通する流量値(60%流量値F1)とする。

また、制御部10Aは、目標流量値が第1目標流量値(100%流量値)に設定された場合には、開閉弁53を開状態に制御する。これにより、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の一定流量値を、第1定流量弁51及び第2定流量弁52を流通する流量値(100%流量値Fs)とする。

【0148】

濃縮水W3の循環比の調節

本実施形態においては、第1定流量弁51及び第2定流量弁52で濃縮水W3の流量を一定の100%流量値に保持しながら、前述したいずれかの水量制御により透過水W2の流量を一定の100%流量値に保持する。また、本実施形態においては、第1定流量弁51で濃縮水W3の流量を一定の60%流量値に保持しながら、前述したいずれかの水量制御により透過水W2の流量を一定の60%流量値に保持する。この結果、濃縮水W3の循環比は、目標流量値の増減にかかわらず、常に所定値に調節されることになる。なお、循環比の所定値は、第1実施形態と同じく“5”程度が目安となる。

【0149】

次に、制御部10Aによる目標流量値の増減、濃縮水W3の一定流量値の調節、及び回収率の調節について説明する。図11は、第2実施形態の制御部10Aが濃縮水W3の一定流量値を調節する場合の処理手順を示すフローチャートである。図11に示すフローチャートの処理は、逆浸透膜分離装置1の運転中において、繰り返し実行される。

【0150】

図11に示すステップST801において、制御部10Aは、水位センサ91の検出水位値Wを取得する。

【0151】

ステップST802において、制御部10Aは、検出水位値Wが設定水位L以下か否かを判定する。このステップST802において、制御部10Aにより、検出水位値Wが設定水位Lである(YES)と判定された場合に、処理はステップST803へ移行する。また、ステップST802において、制御部10Aにより、検出水位値W>設定水位Lである(NO)と判定された場合に、処理はステップST805へ移行する。

【0152】

ステップST803(ステップST802: YES)において、制御部10Aは、透過水W2の流量を第1目標流量値に設定する。このように、検出水位値Wが設定水位L以下の場合には、貯留タンク9の貯水量を上げるため、透過水W2の目標流量値を定格出力である100%流量値となる第1目標流量値に設定した上で、選択されている水量制御を実行する。

【0153】

ステップST804において、制御部10Aは、定流量可変機構部50における開閉弁53を開状態に制御する。

ここでは、開閉弁53が開状態であるため、濃縮水W3の流量Fは、第1中間濃縮水ラインL32における第1定流量弁51及び第2中間濃縮水ラインL33における第2定流量弁52を流れる濃縮水W3の合計流量Fs(100%流量値)である。

【0154】

この場合には、第1定流量弁51及び第2定流量弁52により濃縮水W3の流量が一定の100%流量値に保持されながら、前述したいずれかの水量制御により透過水W2の流量が一定の100%流量値に保持されることになる。この結果、循環比(濃縮水W3の流量/透過水W2の流量)が所定値(例えば、“5”)に調節される。これにより、循環比

10

20

30

40

50

をRO膜モジュール4の膜面の閉塞を防止する所定値に維持することができる。

【0155】

ステップST805において、制御部10Aは、選択されている回収率制御に従い、比例制御排水弁8の弁開度を調節する。制御部10Aは、回収率の変更の有無にかかわらず、透過水W2の目標流量値が変更される度に、比例制御排水弁8の弁開度の調節（すなわち、濃縮水W3の排水流量の調節）を行う。

例えば、制御部10Aは、目標流量値を第2目標流量値から第2目標流量値の2倍の第1目標流量値に設定した場合には、濃縮水W3の排水流量を回収率制御に基づいて設定された現在の排水流量から倍増させるように、比例制御排水弁8の弁開度の調節を行う。

以上により、本フローチャートの処理は終了する（ステップST801へリターンする）。

10

【0156】

一方、ステップST806（ステップST802：NO）において、制御部10Aは、検出水位値Wが設定水位Lを超え且つ設定水位H以下か否かを判定する。このステップST806において、制御部10Aにより、設定水位L < 検出水位値W 設定水位Hである（YES）と判定された場合に、処理はステップST807へ移行する。また、ステップST806において、制御部10Aにより、検出水位値W > 設定水位Hである（NO）と判定された場合に、処理はステップST810へ移行する。

【0157】

ステップST807（ステップST806：YES）において、制御部10Aは、透過水W2の流量を第2目標流量値に設定する。第2目標流量値は、第1目標流量値よりも少ない流量値である。このように、検出水位値Wが設定水位Lを超え且つ設定水位H以下の場合には、透過水W2の目標流量値を60%流量値となる第2目標流量値に設定した上で、選択されている水量制御を実行する。

20

【0158】

ステップST808において、制御部10Aは、定流量可変機構部50における開閉弁53を閉状態に制御する。

ここでは、開閉弁53が閉状態であるため、濃縮水W3の流量Fは、第1中間濃縮水ラインL32における第1定流量弁51を流れる濃縮水W3の第1流量値F1（60%流量値）である。

30

【0159】

この場合には、第1定流量弁51により濃縮水W3の流量が一定の60%流量値に保持されながら、前述したいずれかの水量制御により透過水W2の流量が一定の60%流量値に保持されることになる。この結果、循環比（濃縮水W3の流量 / 透過水W2の流量）が所定値（例えば、“5”）に調節される。これにより、循環比をRO膜モジュール4の膜面の閉塞を防止する所定値に維持しながら、加圧ポンプ2の回転数を下げることによって省エネが図られる。

【0160】

ステップST809において、制御部10Aは、選択されている回収率制御に従い、比例制御排水弁8の弁開度を調節する。制御部10Aは、回収率の変更の有無にかかわらず、透過水W2の目標流量値が変更される度に、比例制御排水弁8の弁開度の調節（すなわち、濃縮水W3の排水流量の調節）を行う。

40

例えば、制御部10Aは、目標流量値を第1目標流量値から第1目標流量値の半分の第2目標流量値に設定した場合には、濃縮水W3の排水流量を回収率制御に基づいて設定された現在の排水流量から半減させるように、比例制御排水弁8の開度の調整を行う。

以上により、本フローチャートの処理は終了する（ステップST801へリターンする）。

【0161】

一方、ステップST810（ステップST806：NO）において、制御部10Aは、加圧ポンプ2を停止させるように、インバータ3を制御する。以上により、本フローチャ

50

ートの処理は終了する（ステップS T 8 0 1へリターンする）。

【0162】

上述した第2実施形態に係る逆浸透膜分離装置1Aによれば、例えば、以下のような効果が得られる。

第2実施形態に係る逆浸透膜分離装置1Aにおいては、逆浸透膜モジュール4と、供給水ラインL1と、透過水ラインL2と、濃縮水ラインL3Aと、濃縮水ラインL3Aから分岐される循環水ラインL4と、濃縮水ラインL3Aから分岐される排水ラインL5と、濃縮水ラインL3Aに設けられ、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の流量を所定の一定流量値に保持し且つ一定流量値を増減可能な定流量可変機構部50と、排水ラインL5に設けられる比例制御排水弁8と、供給水ラインL1に設けられる加圧ポンプ2と、駆動周波数を加圧ポンプ2に出力するインバータ3と、透過水W2の流量が予め設定された目標流量値となるように指令信号をインバータ3に出力する制御部10Aと、濃縮水W3の一定流量値を増減させるように定流量可変機構部50を制御する制御部10Aと、を備え、ポンプ駆動制御部10は、透過水W2の使用水量が減少するのに従い、目標流量値を減少させ、透過水W2の使用水量が増加するに従い、目標流量値を増加させ、制御部10Aは、目標流量値が減少するのに従い、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の一定流量値を減少させ、目標流量値が増加するに従い、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の一定流量値を増加させる。

10

【0163】

そのため、循環比（濃縮水W3の流量／透過水W2の流量）を、目標流量値の増減にかかわらず、常に所定値（例えば、“5”）に調節することができる。これにより、過剰な流量の濃縮水W3が濃縮水ラインL3Aに送出される状態が解消され、加圧ポンプの消費電力を抑制できる。

20

【0164】

また、第2実施形態に係る逆浸透膜分離装置1Aにおいては、定流量可変機構部50は、濃縮水ラインL3Aに並列に配置される第1定流量弁51及び第2定流量弁52と、第2定流量弁52への濃縮水W3の流入を許可し又は阻止するように開閉可能な開閉弁53と、を有し、制御部10Aは、濃縮水ラインL3Aを流通する濃縮水W3の一定流量値を増減させるように、開閉弁53の開閉を制御する。

そのため、濃縮水ラインL3Aに第1定流量弁51及び第2定流量弁52を並列に配置して、開閉弁53の開閉を制御するだけで、濃縮水W3の一定流量値を段階的に調節することができる。これにより、簡易な構成で、過剰な流量の濃縮水W3が濃縮水ラインL3Aに送出される状態が解消され、加圧ポンプの消費電力を抑制できる。

30

【0165】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明した。しかし、本発明は、上述した実施形態に限定されることなく、種々の形態で実施することができる。

例えば、第1実施形態では、圧力調整手段として、圧力調整弁7を制御部10により弁開度制御できるように構成したが、これに制限されない。例えば、圧力調整手段は、補助動力や外部操作を必要とせずに流路断面積を一定面積に維持する弁やオリフィスなどでもよく、例えば、「絞り」の名称で呼ばれるものでもよい。また、圧力調整手段は、使用前に流路断面積を調整しておき、使用時には流路断面積を一定面積に維持した状態で使用されるものでもよい。

40

【0166】

第1実施形態では、温度フィードフォワード回収率制御において、供給水W1の温度を検出する例について説明した。これに限らず、例えば、RO膜モジュール4で得られた透過水W2又は濃縮水W3（W31，W32）の温度を検出してもよい。

【0167】

第1実施形態では、各回収率制御において、比例制御排水弁8の弁開度を制御することにより、濃縮水W3の排水流量を調節する例について説明した。これに限らず、複数の排水バルブを並列に設けた構成とし、排水バルブの開弁数を増減することにより、濃縮水W

50

3 の排水流量を段階的に調節するように制御してもよい。これにより、濃縮水 W 3 の排水流量を調節することができる。

【 0 1 6 8 】

また、第 1 実施形態においては、濃縮水ライン L 3 に第 2 電気伝導率センサ E C 2 を設けたが、これに制限されない。第 2 電気伝導率センサ E C 2 を設ける位置は、濃縮水 W 3 を検出できる位置であればよく、例えば、第 2 電気伝導率センサ E C 2 を、排水ライン L 5 や循環水ライン L 4 に設けてもよい。

【 0 1 6 9 】

また、第 1 実施形態においては、透過水 W 2 の使用水量を、貯留タンク 9 に貯留された透過水 W 2 の水位を検出して把握したが、これに制限されない。例えば、貯留タンク 9 から送出される透過水 W 2 の流量から把握してもよいし、給水ライン L 6 の下流側の需要箇所で消費される水の流量から把握してもよい。

10

【 0 1 7 0 】

また、第 2 実施形態では、二段階の透過水 W 2 の目標流量値（第 1 目標流量値及び第 2 目標流量値）に対応して、濃縮水 W 3 の流量を二段階で調節できるように、定流量可変機構部 5 0 として、2 つの定流量弁 5 1 , 5 2 と、1 つの開閉弁 5 3 とを備えるように構成したが、これに制限されない。例えば、透過水 W 2 の目標流量値を三段階以上で増減する場合には、定流量可変機構部 5 0 として、定流量弁を 3 つ以上備えると共に、開閉弁を 2 つ以上備えていてもよい。定流量弁及び開閉弁の数を増加させることで、濃縮水 W 3 の一定流量値を細かく設定でき、目標流量値を多段階で増減する場合であっても、循環比を所定値に調節しやすくなる。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 7 1 】

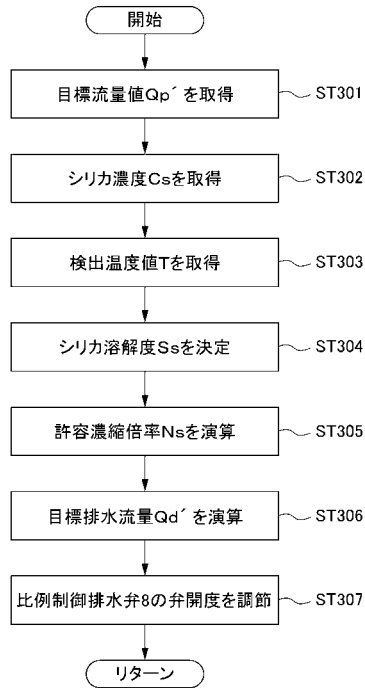
- 1 , 1 A 逆浸透膜分離装置
- 2 加圧ポンプ
- 3 インバータ
- 4 R O 膜モジュール（逆浸透膜モジュール）
- 5 定流量弁（定流量手段）
- 7 圧力調整弁（圧力調整手段）
- 8 比例制御排水弁（比例制御バルブ、排水流量調整手段）
- 1 0 , 1 0 A 制御部（ポンプ駆動制御部、定流量制御部、排水制御部、圧力調整制御部）
- 5 0 定流量可変機構部（定流量可変手段）
- 5 1 第 1 定流量弁（定流量弁）
- 5 2 第 2 定流量弁（定流量弁）
- 5 3 開閉弁
- L 1 供給水ライン
- L 2 透過水ライン
- L 3 濃縮水ライン
- L 4 循環水ライン
- L 5 排水ライン
- T E 温度センサ（温度検出手段）
- F M 1 第 1 流量センサ（第 1 流量検出手段）
- F M 2 第 2 流量センサ（第 2 流量検出手段）
- E C 2 第 2 電気伝導率センサ（電気伝導率測定手段）
- W 1 供給水
- W 2 透過水
- W 3 濃縮水
- W 3 1 濃縮水の一部
- W 3 2 濃縮水の残部

30

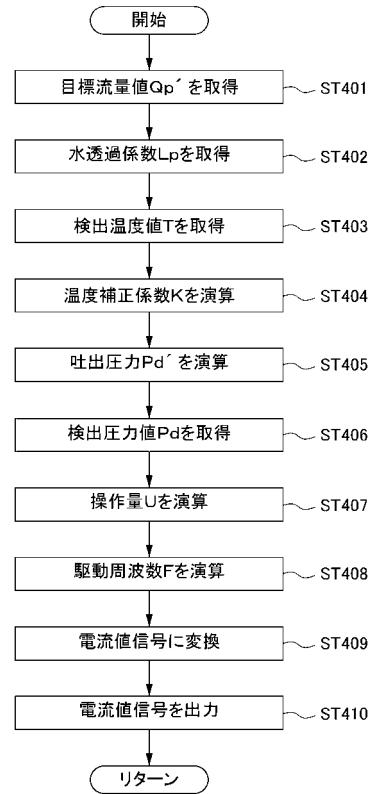
40

50

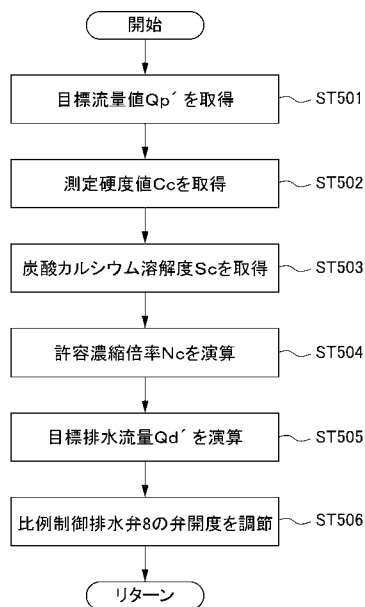
【図 5】



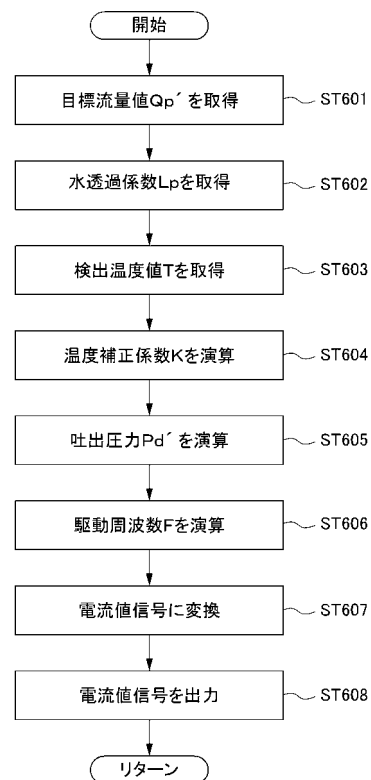
【図 6】



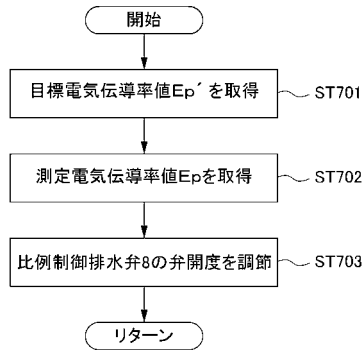
【図 7】



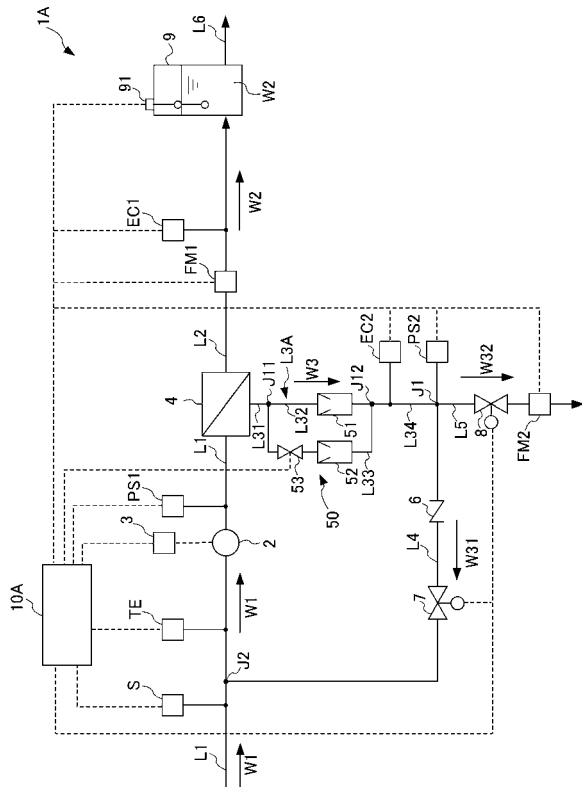
【図 8】



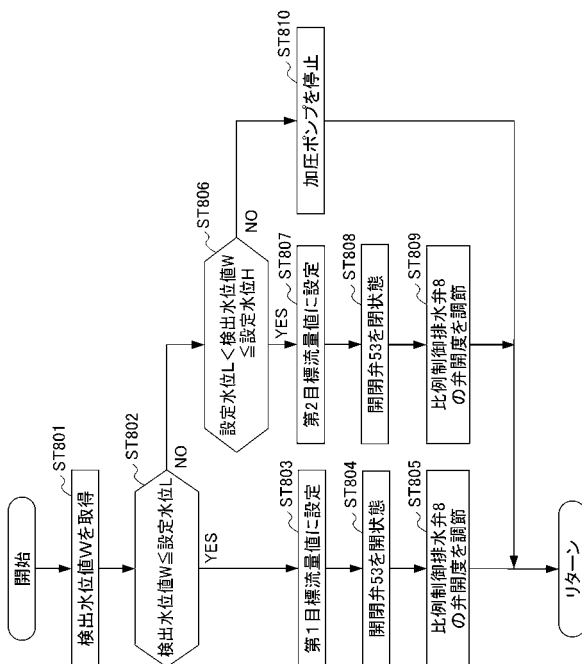
【 図 9 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4D006 GA03 JA53A JA57A JA63A JA64A JA67A KA01 KB30 KC02 KC12
KE03P KE03Q KE04P KE04Q KE06P KE07P KE07Q KE08P KE09P KE11P
KE12P KE16P KE19P KE21P KE22Q KE23Q KE24Q PA01 PB05 PB06