

## 명세서

### 발명의 명칭: 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 폐회로 역삼투압 기술을 채택하여 기본적으로 높은 회수율을 보장하고, 순차적으로 역방향 역삼투압 기술을 적용하여 파울링을 저감하는 한편, 별도의 에너지 회수 장치 없이 고효율의 수처리를 수행하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 물 부족은 자원 고갈로 인해 이용 가능한 신선한 수원을 얻기 어려운 것을 의미하며, 세계적으로 산업 고도화 및 이상기후 현상 등으로 인해 물 부족이 더욱 심화되고 있다.
- [3] 그러나, 물은 인간의 생활 및 여러 산업 분야에서 필수적인 요소로 그 수요는 계속해서 증가하고 있으며, 이러한 수요를 충족하기 위한 효과적인 방법 가운데 하나로 대규모의 해수를 담수화하는 이른바 해수 담수화(Desalination) 방법이 제안되었다.
- [4] 해수 담수화는 생활용수나 공업용수로 직접 사용하기 힘든 바닷물로부터 염분을 포함한 용해물질을 제거하여 순도 높은 음용수 및 생활용수, 공업용수 등을 얻어내는 일련의 수처리 과정을 의미한다.
- [5] 현재 해수 담수화 설비들은 다단 플래시 증류 공정(MSF: Multiple-Stage Flash Distillation process) 또는 역삼투압 공정(Reverse osmosis process)을 채용하고 있으며, 이 중 역삼투압 공정(Reverse osmosis process)은 원수 또는 염수에 삼투압 이상의 압력을 가하여 이온이나 유기분자 등의 용질이 배제된 순수한 물을 반투과막을 통해 이동시켜 담수를 제조하는 공정이다.
- [6] 한편, 일반적인 역삼투압 공정과 달리 목표 회수율을 달성하기 위하여 역삼투압 설비에서 배출되는 농축수와 원수 또는 염수를 혼합하여 다시 역삼투압 설비에 주입하고, 목표 농도에 도달하면 농축수를 배출하여 운전하는 폐회로 역삼투압(Closed-circuit Reverse osmosis, CCRO) 방식의 해수 담수화 방식이 존재한다.
- [7] 이와 관련하여 국내등록특허 제10-1052662호에는 역삼투압에 의해 염수액의 폐회로 내에서 연속 일괄 순차 탈염을 위한 장치로 복수의 폐회로 탈염 장치(CCRO)가 병렬로 연결되는 특징이 개시된다.
- [8] 다만 기존의 역삼투압을 이용한 폐회로 탈염 장치(CCRO)는 역삼투압 설비를 통해 배출되는 농축수의 압력이 증가되는 시간이 공정이 진행될수록 감소되어 역삼투압 설비의 세척 또는 교체 주기가 짧아지는 문제점이 있었다.

#### 발명의 상세한 설명

#### 기술적 과제

- [9] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 폐회로 역삼투압 기술을 채택하여 기본적으로 높은 회수율을 보장하고, 순차적으로 역방향 역삼투압 기술을 적용하여 파울링을 저감하는 한편, 별도의 에너지 회수 장치 없이 고효율의 수처리를 수행하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [10] 본 발명의 다른 목적들은 이하에 서술되는 실시예를 통하여 더욱 명확해질 것이다.
- 과제 해결 수단**
- [11] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명은, 복수의 순방향 역삼투 모듈(forward RO module) 각각과 적어도 하나의 역방향 역삼투 모듈(backward RO module)이 병렬로 연결되며, 상기 순방향 역삼투 모듈들에서 배출된 농축수는 상기 역방향 역삼투 모듈로 유입되고, 상기 역방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수는 상기 각 순방향 역삼투 모듈들로 유입되는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치를 일 실시예로 제안한다.
- [12] 일 실시예의 역삼투압 탈염 장치는, 원수를 공급하는 피드 펌프(feed pump); 상기 피드 펌프의 출력단에 연결되는 1차 펌프(1<sup>st</sup> pump); 상기 순방향 역삼투 모듈의 출력단에 연결되는 2차 펌프(2<sup>nd</sup> pump); 상기 1차 펌프의 출력단에 연결되는 3차 펌프(3<sup>rd</sup> pump); 및 운전 1단계(1<sup>st</sup> step)에서, 상기 순방향 역삼투 모듈들에 원수가 입력되도록 상기 피드 펌프와 1차 펌프를 제어하고, 운전 2단계(2<sup>nd</sup> step)에서, 상기 순방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수가 상기 역방향 역삼투 모듈로 입력되도록 상기 2차 펌프를 제어하는 컨트롤러(controller)를 포함하며, 상기 3차 펌프는 운전 3단계(3<sup>rd</sup> step)에서, 상기 역방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수가 원수와 합류된 후 상기 순방향 역삼투 모듈로 입력된다.
- [13] 상기 1차 펌프 및 2차 펌프로 고압 펌프(High Pressure pump)가 채택되고, 상기 3차 펌프로는 농축수의 흐름을 이용하여 상기 운전 3단계의 원수를 가속하는 제트 펌프(jet pump)가 채택될 수 있다.
- [14] 또한 상기 순방향 역삼투 모듈들 및 상기 역방향 역삼투 모듈의 입력단과 출력단에는 각각 3방향 밸브(3-way control valve)가 배치되고, 상기 컨트롤러는, 운전 4단계(4<sup>th</sup> step)에서, 미리 설정된 제1 조건이 충족되면 상기 역방향 역삼투 모듈이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 상기 3방향 밸브를 제어하고, 미리 설정된 제2 조건이 충족될 때까지 모든 역삼투 모듈의 입력단에 지속적으로 원수를 공급하는 한편 모든 역삼투 모듈의 출력단의 농축수를 외부로 배출(discharge)할 수 있다.
- [15] 또한 농축수의 이동 경로 중에 배치된 농도 센서(concentration sensor), 유량 센서(flow sensor), 압력 센서(pressure sensor) 중 적어도 하나의 측정값이 미리 설정된 기준에 도달하거나, 상기 운전 3단계 이후에 미리 설정된 시간이 경과하는 것을 상기 제1 조건으로 할 수 있다.

- [16] 또한 농축수의 농도가 미리 설정된 초기 농도에 도달하는 것을 상기 제2 조건으로 할 수 있다.
- [17] 상기 컨트롤러는, 상기 운전 1단계부터 상기 운전 4단계까지의 1 배치 공정(one batch process)이 완료된 후, 상기 순방향 역삼투 모듈들 중 적어도 하나가 역방향 역삼투 모듈로 전환되고 기존의 역방향 역삼투 모듈이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 상기 3방향 밸브를 제어하는 운전 5단계(5<sup>th</sup> step)를 실행할 수 있다.
- [18] 또한 상기 컨트롤러는, 상기 1 배치 공정을 복수 회 실행한 후, 상기 운전 5단계를 실행할 수 있다.

### 발명의 효과

- [19] 본 발명의 실시예에 의하면, 농축수와 원수가 혼합하는 폐회로 역삼투압 (CCRO) 공정 전에 순방향 역삼투 모듈(forward RO module)에서 배출된 농축수가 역방향 역삼투 모듈(backward RO module)로 유입되어 한 번 더 농축된 상태로 순환됨으로써 기존의 다단형 역삼투압 공정 대비 에너지 소모량 및 약품 사용량을 대폭 절감할 수 있다.
- [20] 또한 본 발명에 실시예에 의하면, 원수의 주입 방향을 주기적으로 반대로 적용함으로써 역삼투 모듈 내 바이오 파울링(Bio fouling)과 스케일(scale) 발생 속도를 늦추고, 일부 스케일을 제거할 수 있기 때문에 농축수의 압력이 증가하는 시간의 감소 폭이 좁아지므로 CIP(Clean in place) 주기를 연장할 수 있다.
- [21] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [22] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 모식도이다.
- [23] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 구성을 도시하는 블록도이다.
- [24] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 단계를 도시하는 순서도이다.
- [25] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 4 단계를 도시하는 모식도이다.
- [26] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 5 단계를 도시하는 모식도이다.
- [27] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 1 단계부터 운전 4단계까지의 1 배치 공정(one batch process)이 반복될 때마다 압력이 증가하는 시간의 감소폭을 나타내는 그래프이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [28] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에서 상세하게 설명하고자 한다. 그

러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[29] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[30] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[31] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[32] 본 명세서에서 기재한 모듈(MODULE)이란 용어는 특정한 기능이나 동작을 처리하는 하나의 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합을 의미할 수 있다.

[33] 또한 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[34] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어 도면 부호에 상관없이 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 참조번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[35] 이하 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치(1)에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[36] 이하 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치(1)를 설명함에 있어 '연결된다'의 의미는 역삼투 모듈에 직접 연결되거나 펌프, 밸브, 컨트롤러 등의 구성을 경유하여 연결되는 것을 모두 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

[37]

[38] \*도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 모식도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치

의 구성을 도시하는 블록도이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 단계를 도시하는 순서도이다.

- [39] 도 1 및 도 2에서 보듯, 일 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치(1)는 복수의 역삼투 모듈(RO modules)(10, 20, 30), 피드 펌프(feed pump)(FP), 1차 펌프(1<sup>st</sup> pump)(P1), 2차 펌프(2<sup>nd</sup> pump)(P2), 3차 펌프(3<sup>rd</sup> pump)(P3), 복수의 3방향 밸브(3-way valves), 농축수 배출밸브(Brain valve)(D.V) 및 컨트롤러(controller)(C)를 포함하여 이루어진다.
- [40] 역삼투 모듈(10, 20, 30)은 복수의 순방향 역삼투 모듈들(forward RO module)(10, 20)과 적어도 하나의 역방향 역삼투 모듈(backward RO module)(30)을 포함한다.
- [41] 본 명세서에서는 2개의 순방향 역삼투 모듈과 1개의 역방향 역삼투 모듈로 구성되는 실시예를 도시하였으나, 반드시 이에 한정될 필요는 없으며 처리할 염수의 용량에 따라 역삼투 모듈은 2개로 구성되거나 또는 4개 이상으로 구성될 수도 있다. 구체적인 예로, 1개의 순방향 역삼투 모듈과 1개의 역방향 역삼투 모듈로 구성될 수도 있고, 3개의 순방향 역삼투 모듈과 1개의 역방향 역삼투 모듈로 구성될 수도 있으며, 3개의 순방향 역삼투 모듈과 2개의 역방향 역삼투 모듈로 구성될 수도 있는 것이다.
- [42] 이하에서는 설명의 편의를 위하여 역삼투 모듈들(Ro modules)(10, 20, 30)을 각각 제1 역삼투 모듈(10), 제2 역삼투 모듈(20) 및 제3 역삼투 모듈(30)로 구분하기로 한다.
- [43] 제1 역삼투 모듈(10), 제2 역삼투 모듈(20) 및 제3 역삼투 모듈(30)은 서로 병렬로 연결되며, 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)에서 배출된 농축수(B, Brine)는 제3 역삼투 모듈(30)로 유입되고, 제3 역삼투 모듈(30)에서 배출된 농축수(B)는 다시 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)로 각각 유입되는 순환형 회로를 구성한다.
- [44] 피드 펌프(FP)는 역삼투 모듈에 원수(R)를 공급하기 위해 설치되는 것으로, 예를 들어 약 3bar(g)의 압력으로 원수(R)를 이송할 수 있다.
- [45] 1차 펌프(P1)는 피드 펌프(FP)의 출력단에 연결되며, 피드 펌프(FP)에서 공급되는 원수(R)의 유량이 미리 설정된 기준을 초과하면 구동을 개시한다.
- [46] 2차 펌프(P2)는 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)의 출력단에 연결되며, 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)에서 배출된 농축수(B)를 제3 역삼투 모듈(30)의 입력단으로 이동시킨다.
- [47] 상기 1차 펌프(P1) 및 2차 펌프(P2)로 고압 펌프(High Pressure pump)가 사용될 수 있다.
- [48] 제3 역삼투 모듈(30)에서 배출된 농축수(B2)는, 피드 펌프(FP)를 통해 공급되는 원수(R)와 합류되어 3차 펌프(P3)로 유입된다. 3차 펌프(P3)는 합류수를 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)의 입력단으로 이송시킨다.
- [49] 3차 펌프(P3)로 농축수(B)의 흐름을 이용하여 원수(R)의 흐름을 가속시키는 원리의 제트 펌프(Jet pump)가 사용될 수 있다.

- [50] 즉, 원수(R)의 압력보다 농축수(B)의 압력이 더 높기 때문에 원수(R)와 농축수(B)의 원활한 합류 및 이송을 위해 압력 강하(pressure drop)를 가해 주어야 하지만 그만큼의 에너지 손실을 감수해야 한다. 따라서 3차 펌프(P3)로 제트 펌프(jet pump)를 이용함으로써 별도의 압력 강하 없이도 농축수(B)의 흐름을 이용하여 원수(R)를 가속할 수 있다.
- [51] 3방향 밸브(3-way control valve)(V11, V12, V21, V22, V31, V32)(통칭하여 V라 함)는 제1 역삼투 모듈(10), 제2 역삼투 모듈(20) 및 제3 역삼투 모듈(30)의 입력단과 출력단에 각각 배치되며, 컨트롤러(C)의 제어에 따라 수평 흐름 방향 또는 수직 흐름 방향으로 개폐된다.
- [52] 농축수 배출 밸브(Drain Valve)(D.V)는 제1 역삼투 모듈(10), 제2 역삼투 모듈(20) 및 제3 역삼투 모듈(30)의 각 출력단이 합류되는 배관 상에 배치되며, 배출수(B)가 소정의 조건을 만족할 때 컨트롤러(C)의 제어에 따라 개폐된다.
- [53] 컨트롤러(C)는 후술될 운전 단계(S10 내지 S50) 별로 펌프들(FP, P1, P2) 각각의 기동과 동작 레벨을 제어하고, 3방향 밸브(V)와 농축수 배출 밸브(D.V)의 개폐를 제어한다.
- [54] 컨트롤러(C)에 의해 제어되는 운전 단계는, 원수(R)를 공급하는 운전 1단계(1<sup>st</sup> step)(S10), 농축수(B)를 공급하는 운전 2단계(2<sup>nd</sup> step)(S20), 농축수(B)를 순환시키는 운전 3단계(3<sup>rd</sup> step)(S30), 농축수(B)를 배출하는 운전 4단계(4<sup>th</sup> step)(S40) 및 각 역삼투 모듈의 운용 방향을 변경하는 운전 5단계(5<sup>th</sup> step)(S50)를 포함한다.
- [55] 여기서 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)은 순방향으로 설정되고, 제3 역삼투 모듈(30)은 역방향으로 설정된다고 가정하고 각 운전 단계를 상세히 설명한다.
- [56] 운전 1단계(S10)에서, 컨트롤러(C)는 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)의 입력단과 출력단에 각각 배치된 3방향 밸브(V11, V12, V21, V22)는 수평 흐름 방향으로 개방되도록 제어하고, 제3 역삼투 모듈(30)의 입력단과 출력단에 배치된 3방향 밸브(V31, V32)는 수직 흐름 방향으로 개방되도록 제어한다.
- [57] 또한 운전 1단계(S10)에서, 컨트롤러(C)는 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)에 원수(R)가 입력되도록 피드 펌프(FP)와 1차 펌프(P1)를 제어한다. 구체적으로 컨트롤러(C)는 피드 펌프(FP)를 구동하여 원수가 공급되도록 하고, 피드 펌프(FP)에서 공급되는 원수(R)의 유량이 미리 설정된 기준을 초과하면 1차 펌프(P1)의 구동을 개시한다. 이때 컨트롤러(C)는 원수(R)의 공급 라인에 배치된 유량센서(미도시)의 신호에 기초하여 1차 펌프(P1)의 동작 Hz를 제어한다.
- [58] 운전 2단계(S20)에서, 컨트롤러(C)는 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)에서 배출된 농축수(B)가 제3 역삼투 모듈(30)로 입력되도록 2차 펌프(P2)를 제어한다. 구체적으로 컨트롤러(C)는 농축수(B)의 유량이 미리 설정된 기준을 초과하면 2차 펌프(P2)의 기동을 개시하되, 농축수(B)의 공급라인에 배치된 유량센서(미도시)의 신호에 기초하여 2차 펌프(P2)의 동작 Hz를 제어한다. 한편 제1 역

삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20)을 경유하면서 여과된(permeate) 담수는 배관을 통해 배출된다.

- [59] 운전 3단계(S30)에서, 제3 역삼투 모듈(30)에서 배출된 농축수(B)는 제3 역삼투 모듈(30)의 출력단에 배치된 3방향 밸브(V31)를 경유하여 3차 펌프(P3)로 유입된다. 그리고 피드 펌프(FP) 및 1차 펌프(P1)에 의해 공급되는 원수(R) 역시 3차 펌프(P3)로 유입되어 상기 유입된 배출된 농축수(B)와 합류된다. 한편 제3 역삼투 모듈(10)을 경유하면서 여과된(permeate) 담수 또한 배관을 통해 배출된다.
- [60] 전술한 운전 1단계(S10) 내지 운전 3단계(S30)는 소정의 센서(S)에 의해 농축수(B)의 농도, 압력, 유량, 스케일량 중 어느 하나가 미리 설정된 한계치를 초과한 것으로 감지될 때까지 반복적으로 수행된다. 따라서 소정의 센서(S)라 함은 농도 센서(concentration sensor), 유량 센서(flow sensor), 압력 센서(pressure sensor), 스케일 센서(scale sensor) 중 어느 하나일 수 있으며, 이들 센서는 농축수(B)의 이동 경로 중에 적어도 하나가 배치된다.
- [61] 운전 4단계(S40)는 농축수(B)의 농도, 압력, 유량, 스케일량 중 어느 하나가 미리 설정된 한계치를 초과한 경우에 실행된다. 도 4는 일 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 4단계를 도시하는 모식도이다.
- [62] 운전 4단계(S40)에서, 컨트롤러(C)는 미리 설정된 제1 조건이 충족되면 제3 역삼투 모듈(30)이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 3방향 밸브(V31, V32)를 제어하고, 미리 설정된 제2 조건이 충족될 때까지 모든 역삼투 모듈(10, 20, 30)의 입력단에 지속적으로 원수(R)를 공급하는 한편 모든 역삼투 모듈(10, 20, 30)의 출력단의 농축수(B)를 외부로 배출(discharge)한다.
- [63] 구체적으로, 컨트롤러(C)는 센서(S)의 측정값이 미리 설정된 한계치에 도달하면 전체 역삼투 모듈(10, 20, 30)의 입력단 및 출력단에 배치된 3방향 밸브(V11 내지 V32)를 모두 수평 흐름 방향으로 개방시키고, 닫혀 있던 농축수 배출 밸브(D.V)를 개방시킨다. 이때 2차 펌프(P2)는 동작을 중단하거나 최소의 Hz로 동작하거나 또는 역방향으로 전환되어 동작될 수 있다.
- [64] 운전 4단계(S40)에서 상기 제1 조건은 농축수(B)의 이동 경로 중에 배치된 센서(S)의 측정값이 미리 설정된 기준(예를 들어 농도, 염도, 유량, 압력, 스케일 량 중 적어도 하나의 한계치)에 도달하거나, 운전 3단계(S30) 이후 미리 설정된 시간이 경과하는 것을 의미한다.
- [65] 또한, 운전 4단계(S40)에서 상기 제2 조건은 농축수(B)의 농도가 미리 설정된 초기 농도에 도달하는 것을 의미한다.
- [66] 농축수 배출 밸브(D.V)는 운전 1단계(S10) 내지 운전 3단계(S30)에서는 차폐된 상태로 있다가 운전 4단계(S40)에서 상기 제1 조건이 만족되면 농축수(B)의 배출을 위해 개방되고, 이후 상기 제2 조건이 만족되면 다시 차폐 상태로 전환된다.
- [67] 이상에서 설명한 운전 1단계(S10) 내지 운전 4단계(S40)를 1 배치 공정(one batch process)라 정의할 수 있으며 줄여서 '1 배치'라 부르기로 한다.

- [68] 일 실시예의 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치는 1 배치가 종료될 때마다, 역삼투압 모듈의 운용 방향을 재설정한다.
- [69] 예를 들어, 첫 번째 배치에서 제1 역삼투압 모듈(10), 제2 역삼투압 모듈(20) 및 제3 역삼투압 모듈(30)이 각각 순방향, 순방향, 역방향으로 운용되었다면, 두 번째 배치에서는 제1 역삼투압 모듈(10), 제2 역삼투압 모듈(20) 및 제3 역삼투압 모듈(30)이 각각 순방향, 역방향, 순방향으로 운용되고, 세 번째 배치에서는 제1 역삼투압 모듈(10), 제2 역삼투압 모듈(20) 및 제3 역삼투압 모듈(30)이 각각 역방향, 순방향, 순방향으로 운용되며, 네 번째 배치에 와서는 제1 역삼투압 모듈(10), 제2 역삼투압 모듈(20) 및 제3 역삼투압 모듈(30)이 첫 번째 배치와 같이 각각 순방향, 순방향, 역방향으로 운용될 수 있다.
- [70] 다만 이것은 하나의 예시에 불과하며 역삼투압 모듈의 개수에 순방향 및 역방향의 개수가 달라질 수 있고, 운용 방향의 재설정 순서 역시 다양하게 변형될 수 있다.
- [71] 즉, 컨트롤러(C)는 각 역삼투압 모듈에 대한 센서(S)의 측정값에 기초하여 역방향의 운용 대상을 실시간으로 판단하고 그 판단 결과에 따라 각 역삼투압 모듈의 운용 방향을 결정할 수도 있다.
- [72] 예를 들어 각 역삼투압 모듈에 대한 농축수(B)의 압력을 측정한 결과 예상치 못한 사유에 의해 특정 역삼투압 모듈의 압력이 높게 나온 경우, 그 특정 역삼투압 모듈은 역방향으로 운용하여 의도적으로 파울링이나 스케일을 제거할 필요가 있으므로 미리 설정된 스케줄에 의하면 다른 역삼투압 모듈을 역방향으로 운용해야 할 타이밍임에도 불구하고 상기 특정 역삼투압 모듈을 역방향으로 운용하도록 스케줄을 변경할 수도 있다.
- [73] 운전 5단계(5<sup>th</sup> step)는 운전 1단계(S10)부터 운전 4단계(S40)까지의 1 배치가 완료된 후 역삼투압 모듈의 운용 방향을 재설정하는 과정이고, 도 5는 상기 운전 5 단계를 실행하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치를 도시한 모식도이다.
- [74] 운전 5단계(S50)에서, 컨트롤러(C)는 순방향으로 운용되던 제1 역삼투 모듈(10) 및 제2 역삼투 모듈(20) 중 어느 하나가 역방향 역삼투 모듈로 전환되고, 기존에 역방향으로 운용하던 제3 역삼투 모듈(30)이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 관련된 3방향 밸브(V11 내지 V32 중 적어도 4개)를 제어한다.
- [75] 역삼투 모듈 내로 원수(R)가 주입되면 후단으로 갈수록 농도가 증가하기 때문에 스케일(scale)의 발생 확률이 높아지고, 스케일이 많아질수록 전체적으로 플럭스(flux)가 감소하면서 성능은 저하된다. 따라서 원수(R)의 주입 방향을 주기적으로 반대로 전환해 줌으로써 원수(R)의 주입 압력에 의해 스케일의 일부 제거하는 한편 역삼투 모듈 내 바이오 파울링(Bio fouling)과 스케일(scale) 발생 속도를 늦출 수 있다.
- [76] 한편, 컨트롤러(C)는 1 배치가 완료되면 곧바로 운전 5단계(S50)를 실행할 수도 있고, 1 배치를 복수 회 반복한 후 미리 설정된 조건이 충족되면 비로소 운전 5단계(S50)를 실행할 수도 있다.

- [77] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치의 운전 1 단계부터 운전 4단계까지의 1 배치 공정(one batch process)이 반복될 때마다 압력이 증가하는 시간의 감소폭을 나타내는 그래프이다.
- [78] 도 6을 참고하면, 일반적인 폐회로 역삼투압(Closed circuit reverse osmosis, CCRO)은 1 배치 공정을 통해 역삼투 모듈을 지속적으로 순환하면서 배출되는 농축수(B)의 압력이 증가하는 시간이 각 배치(batch)마다 감소하지만, 본 발명에서는 농축수(B)와 원수(R)가 혼합하는 폐회로 역삼투압(CCRO) 공정 전에 순방향 역삼투 모듈(forward RO module)에서 배출된 농축수(B)가 역방향 역삼투 모듈(backward RO module)로 유입되어, 원수의 주입 방향을 주기적으로 반대로 적용함으로써 역삼투 모듈 내 바이오 파울링(Bio fouling)과 스케일(scale) 발생 속도를 늦추고, 일부 스케일을 제거할 수 있기 때문에 농축수의 압력이 증가하는 시간의 감소 폭이 좁아지므로 CIP(Clean in place) 주기가 길어지는 효과가 있다.
- [79] 이상에서는 본 발명에 관한 몇 가지 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

## 청구범위

- [청구항 1] 복수의 순방향 역삼투 모듈들(forward RO module) 각각과 적어도 하나의 역방향 역삼투 모듈(backward RO module)이 병렬로 연결되며, 상기 순방향 역삼투 모듈들에서 배출된 농축수는 상기 역방향 역삼투 모듈로 유입되고, 상기 역방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수는 상기 각 순방향 역삼투 모듈들로 유입되는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
원수를 공급하는 피드 펌프(feed pump);  
상기 피드 펌프의 출력단에 연결되는 1차 펌프(1<sup>st</sup> pump);  
상기 순방향 역삼투 모듈의 출력단에 연결되는 2차 펌프(2<sup>nd</sup> pump);  
상기 1차 펌프의 출력단에 연결되는 3차 펌프(3<sup>rd</sup> pump); 및  
운전 1단계(1<sup>st</sup> step)에서, 상기 순방향 역삼투 모듈들에 원수가 입력되도록 상기 피드 펌프와 1차 펌프를 제어하고, 운전 2단계(2<sup>nd</sup> step)에서, 상기 순방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수가 상기 역방향 역삼투 모듈로 입력되도록 상기 2차 펌프를 제어하는 컨트롤러(controller)를 포함하며,  
상기 3차 펌프는 운전 3단계(3<sup>rd</sup> step)에서, 상기 역방향 역삼투 모듈에서 배출된 농축수가 원수와 합류된 후 상기 순방향 역삼투 모듈로 입력 시 별도의 제어 없이 구동되는 것을 특징으로 하는 순차적 순환공정 탈염 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,  
상기 1차 펌프 및 2차 펌프는 고압 펌프(High Pressure pump)이고, 상기 3차 펌프는 농축수의 흐름을 이용하여 상기 운전 3단계의 원수를 가속하는 제트 펌프(jet pump)인 것을 특징으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,  
상기 순방향 역삼투 모듈들 및 상기 역방향 역삼투 모듈의 입력단과 출력단에는 각각 3방향 밸브(3-way control valve)가 배치되고,  
상기 컨트롤러는,  
운전 4단계(4<sup>th</sup> step)에서, 미리 설정된 제1 조건이 충족되면 상기 역방향 역삼투 모듈이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 상기 3방향 밸브를 제어하고, 미리 설정된 제2 조건이 충족될 때까지 모든 역삼투 모듈의 입력단에 지속적으로 원수를 공급하는 한편 모든 역삼투 모듈의 출력단의 농축수를 외부로 배출(discharge)하는 것을 특징으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,  
농축수의 이동 경로 중에 배치된 농도 센서(concentration sensor), 유량 센서(flow sensor), 압력 센서(pressure sensor) 중 적어도 하나의 측정값이 미리 설정된 기준에 도달하거나, 상기 운전 3단계 이후에 미리 설정된 시간

이 경과하는 것을 상기 제1 조건으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.

[청구항 6] 제5항에 있어서,  
농축수의 농도가 미리 설정된 초기 농도에 도달하는 것을 상기 제2 조건으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.

[청구항 7] 제5항에 있어서,  
상기 컨트롤러는,  
상기 운전 1단계부터 상기 운전 4단계까지의 1 배치 공정(one batch process)이 완료된 후, 상기 순방향 역삼투 모듈들 중 적어도 하나가 역방향 역삼투 모듈로 전환되고 기존의 역방향 역삼투 모듈이 순방향 역삼투 모듈로 전환되도록 상기 3방향 밸브를 제어하는 운전 5단계(5<sup>th</sup> step)를 실행하는 것을 특징으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.

[청구항 8] 제7항에 있어서,  
상기 컨트롤러는,  
상기 1 배치 공정을 복수 회 실행한 후, 상기 운전 5단계를 실행하는 것을 특징으로 하는 순차적 순환공정 역삼투압 탈염 장치.