(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0039431
(43) 공개일자 2024년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/00 (2023.01) *G06N 3/08* (2023.01)
H01M 6/34 (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 1/008 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0118003
(22) 출원일자 2022년09월19일
심사청구일자 2022년09월19일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
조경화
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
심재규
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
윤나경
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

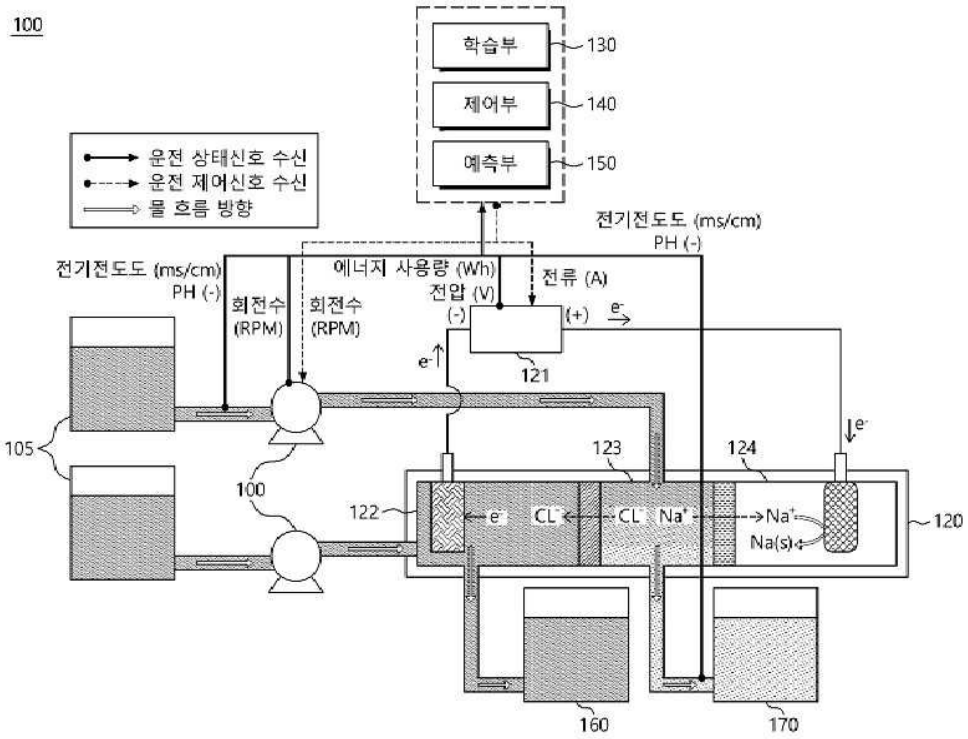
(54) 발명의 명칭 **심층 강화학습을 기반으로 하는 해수전지 수처리 제어 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 심층 강화학습을 기반으로 하는 해수전지 수처리 제어 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 강화학습을 기반으로 하는 실시간 해수전지 수처리 제어 시스템에 있어서, 염화 나트륨(NaCl)이 포함된 유입수가 펌프를 거쳐서 유입되면, 유입수로부터 염화 나트륨을 제거하여 담수 처리를 수행하는 해수전지 담수화

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



모듈, 펌프의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 유입수의 전기전도도와 해수전지 담수화 모듈에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이값, 유입수의 수소 이온농도(pH), 처리수의 pH 및 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델에 적용하여 강화학습을 진행하는 학습부, 처리수의 전기전도도, 처리수의 pH 및 에너지 사용량을 예측하는 예측부, 그리고 새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 강화학습모델을 적용하여 펌프의 회전수, 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기에 대한 공정 조건을 제어하는 제어부를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 심층 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 최적의 공정 조건을 정확하고 빠르게 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류
H01M 6/34 (2013.01)
C02F 2103/08 (2013.01)
C02F 2209/05 (2013.01)
C02F 2209/06 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711158453
과제번호	2020R1A4A1019568
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	해수전지기술과 태양광에너지 활용한 에너지 자립형 해수담수화 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

강화학습을 기반으로 하는 실시간 해수전지 수처리 제어 시스템에 있어서,

염화 나트륨(NaCl)이 포함된 유입수가 펌프를 거쳐서 유입되면, 상기 유입수로부터 염화 나트륨을 제거하여 담수 처리를 수행하는 해수전지 담수화 모듈,

상기 펌프의 회전수 및 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 해수전지 담수화 모듈에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이값, 상기 유입수의 수소 이온농도(pH), 상기 처리수의 pH 및 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델에 적용하여 강화학습을 진행하는 학습부,

상기 처리수의 전기전도도, 상기 처리수의 pH 및 상기 에너지 사용량을 예측하는 예측부, 그리고

새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 상기 강화학습모델을 적용하여 상기 펌프의 회전수, 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기에 대한 공정 조건을 제어하는 제어부를 포함하는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 학습부는,

상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 상기 처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 상기 강화학습모델을 학습시키는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 학습부는,

상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 pH가 4 이상 7이하인 상태일 때, 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량이 최소가 되도록 하는 상기 강화학습모델을 학습시키는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 해수전지 담수화 모듈은,

전원공급부로부터 전류를 인가받는 전위 가변기(Potentiostat)를 포함하고,

Na 이온과 Cl 이온이 전기적 인력에 의해 분리되는 담수부,

상기 분리된 Cl 이온이 음이온 교환막을 거쳐 이동되는 해수부,

상기 분리된 Na 이온이 NASICON(sodium super ionic conductor)을 거쳐 이동되는 해수전지를 포함하며,

상기 이온성 물질이 제거된 처리수를 해수전지 담수부와 연결된 처리수 탱크로 전달하고, 상기 이온성 물질을 포함하는 농축수를 해수전지 해수부와 연결된 농축수 탱크로 전달하는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 해수전지 담수화 모듈은, 상기 예측부로 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가된 전류 및 측정된 전압의 크기를 전달하고,

상기 예측부는,

상기 전달된 전류 및 전압의 크기로부터 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 예측하는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어부는

상기 측정된 전압의 크기가 4.5V까지 상승하거나 pH가 4보다 낮게되면, 상기 해수전지 담수화 모듈이 상기 유입수의 담수 처리를 중지시키도록 제어하는 해수전지 수처리 제어 시스템.

청구항 7

강화학습을 기반으로하는 해수전지 수처리 제어 방법에 있어서,

이온성 물질이 포함된 유입수가 펌프를 거쳐서 유입되면, 해수전지 담수화 모듈은 상기 유입수로부터 이온성 물질을 제거하여 담수 처리를 수행하는 단계,

상기 펌프의 회전수 및 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 해수전지 담수화 모듈에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이 값과 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델에 적용하여 강화학습을 진행하는 단계,

새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 상기 강화학습모델을 적용하여 상기 펌프의 회전수, 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기에 대한 공정 조건을 제어하는 단계, 그리고

상기 처리수의 전기전도도 및 에너지 사용량을 예측하는 단계를 포함하는 해수전지 수처리 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 강화학습을 진행하는 단계는,

상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 상기 처리수의 pH는 4 이상을 유지하도록 상기 강화학습모델을 학습시키는 해수전지 수처리 제어 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 강화학습을 진행하는 단계는,

상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 상기 처리수의 pH가 4이상 7이하인 상태에서 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량이 최소가 되도록 하는 상기 강화학습모델을 학습시키는 해수전지 수처리 제어 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 해수전지 담수화 모듈은,

전원공급부로부터 전류를 인가받는 전위 가변기(Potentiostat)를 포함하고,

Na 이온과 Cl 이온이 전기적 인력에 의해 분리되는 담수부,

상기 분리된 Cl 이온이 음이온 교환막을 거쳐 이동되는 해수부,

상기 분리된 Na 이온이 NASICON(sodium super ionic conductor)을 거쳐 이동되는 해수전지를 포함하며,

상기 이온성 물질이 제거된 처리수를 해수전지 담수부와 연결된 처리수 탱크로 전달하고, 상기 이온성 물질을 포함하는 농축수를 해수전지 해수부와 연결된 농축수 탱크로 전달하는 해수전지 수처리 제어 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 처리수의 전기전도도, 상기 처리수의 pH 및 에너지 사용량을 예측하는 단계는,

상기 해수전지 담수화 모듈에 인가된 전류 및 측정된 전압의 크기를 이용하여 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 예측하는 해수전지 수처리 제어 방법.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 공정 조건을 제어하는 단계는,

상기 측정된 전압의 크기가 4.5V까지 상승하거나 pH가 4보다 낮게되면, 상기 해수전지 담수화 모듈이 상기 유입수의 담수 처리를 중지시키도록 제어하는 해수전지 수처리 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 심층 강화학습을 기반으로 하는 해수전지 수처리 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 해수전지 담수화 모듈을 이용하여 유입수로부터 이온성 물질을 효과적으로 제거하기 위한 심층 강화학습 모델을 기반으로 하는 수처리 제어 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 정수처리 과정 중 이온성 물질을 제거를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 담수 생산 해수 전지는 충방전(charge-discharge) 과정에서 해수에 포함된 NaCl을 전기적 인력을 통해 Na와 Cl로 분리되는 원리를 이용하여 해수에 포함되어 있는 이온성 물질을 제거하는 기술이다.

[0003] 해수 전지를 이용한 탈염공정은 충방전 과정에서 Na과 같은 자원을 생산할 수 있고, 처리 과정에서 환경 오염물질을 배출하지 않기 때문에 환경 친화적인 공정이다. 또한, 해수를 이용하여 전기를 충전하고 저장할 수 있을 뿐만 아니라 담수를 생성하므로 물 부족 문제를 해결할 수 있다.

[0004] 해수전지는 이온교환막을 결합하여, 이온이 선택적으로 투과되어 효과적으로 탈염이 가능하다.

[0005] 하지만 종래의 해수전지를 이용한 정수 처리 시스템은 각 공정마다 공정 조건을 관리자가 직접 제어해야 하므로, 정확한 최적의 공정 조건을 제공하기 어려운 문제가 있다.

[0006] 따라서, 해수전지를 이용한 정수처리 공정에서 최적의 공정 조건을 제공하기 위한 기술이 요구되고 있다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국공개특허 제10-2020-0031206호(2020.03.24. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 해수전지 담수화 모듈을 이용하여 유입수로부터 이온성 물질을 효과적으로 제거하기 위한 심층 강화학습을 기반으로 유입수에 포함되어 있는 이온성 물질을 제거하는 해수전지 수처리 제어 시스템 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 강화학습을 기반으로 하는 해수전지 수처리 제어 시스템에 있어서, 염화 나트륨(NaCl)이 포함된 유입수가 펌프를 거쳐서 유입되면, 상기 유입수로부터 염화 나트륨을 제거하여 담수 처리를 수행하는 해수전지 담수화 모듈, 상기 펌프의 회전수 및 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 해수전지 담수화 모듈에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이값, 상기 유입수의 수소 이온농도(pH), 상기 처리수의 pH 및 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델에 적용하여 강화학습을 진행하는 학습부, 상기 처리수의 전기전도도, 상기 처리수의 pH 및 상기 에너지 사용량을 예측하는 예측부, 그리고 새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 상기 강화학습모델을 적용하여 상기 펌프의 회전수, 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기에 대한 공정 조건을 제어하는 제어부를 포함한다.

[0010] 상기 학습부는, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 상기 처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 상기 강화학습모델을 학습시킬 수 있다.

[0011] 상기 학습부는, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 pH가 4 이상 7이하인 상태일 때, 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량이 최소가 되도록 하는 상기 강화학습모델을 학습시킬 수 있다.

[0012] 상기 해수전지 담수화 모듈은, 전원공급부로부터 전류를 인가받는 전위 가변기(Potentiostat)를 포함하고, Na 이온과 Cl 이온이 전기적 인력에 의해 분리되는 담수부, 상기 분리된 Cl 이온이 음이온 교환막을 거쳐 이동되는 해수부, 상기 분리된 Na 이온이 NASICON(sodium super ionic conductor)을 거쳐 이동되는 해수전지를 포함하며, 상기 이온성 물질이 제거된 처리수를 해수전지 담수부와 연결된 처리수 탱크로 전달하고, 상기 이온성 물질을 포함하는 농축수를 해수전지 해수부와 연결된 농축수 탱크로 전달할 수 있다.

[0013] 상기 해수전지 담수화 모듈은, 상기 예측부로 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가된 전류 및 측정된 전압의 크기를 전달하고, 상기 예측부는, 상기 전달된 전류 및 전압의 크기로부터 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 예측할 수 있다.

[0014] 상기 제어부는 상기 측정된 전압의 크기가 4.5V까지 상승하거나 pH가 4보다 낮으면, 상기 해수전지 담수화 모듈이 상기 유입수의 담수 처리를 중지시키도록 제어할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 강화학습을 기반으로 하는 해수전지 수처리 제어 방법에 있어서, 이온성 물질이 포함된 유입수가 펌프를 거쳐서 유입되면, 해수전지 담수화 모듈은 상기 유입수로부터 이온성 물질을 제거하여 담수 처리를 수행하는 단계, 상기 펌프의 회전수 및 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 상기 유입수의 전기전도도와 상기 해수전지 담수화 모듈에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이 값과 상기 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델에 적용하여 강화학습을 진행하는 단계, 새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 상기 강화학습모델을 적용하여 상기 펌프의 회전수, 상기 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기에 대한 공정 조건을 제어하는 단계, 그리고 상기 처리수의 전기전도도 및 에너지 사용량을 예측하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0016] 이와 같이 본 발명에 따르면, 본 발명은 해수전지 담수화 모듈을 이용하여 유입수로부터 이온성 물질을 제거함에 있어서, 유입수의 전기전도도와 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 하거나, 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량이 최소가 되도록 한다.

[0017] 또한, 심층 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 최적의 공정 조건을 정확하고 빠르게 제공할 수 있고, 공정 조건을 스스로 제어 및 관리함으로써, 빠르고 안정적으로 수처리를 수행할 수 있다. 또한 에너지 소비율을 줄임으로써 높은 에너지 효율을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템의 구성도이다.

도 3은 도 1 및 도 2에 따른 해수전지 담수화 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3에 따른 해수전지의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템을 이용한 해수전지 수처리 제어 방법에서 강화학습방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화 학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템을 이용한 해수전지 수처리 제어 방법에서 유입수의 담수 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 명세서 전체에서, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0021] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0022] 먼저, 도 1 내지 도 4를 통해 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템에 대해 살펴보도록 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 도 1에 도시한 해수전지 수처리 제어 시스템의 구성도이다.

[0024] 도 1에서 보는 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 해수전지 수처리 제어 시스템(100)은 심층 강화학습 기반의 해수전지 수처리 제어를 하기 위한 것이다.

[0025] 먼저, 이온성 물질을 포함한 유입수는 유입수 탱크(105)에서 펌프(110)로 유입된다. 펌프(110)는 이온성 물질을 포함한 유입수를 회전 시켜 해수전지 담수화 모듈(120)로 유입시킨다.

[0026] 펌프(110)의 회전수는 해수전지 담수화 모듈(120)에서 유입수의 체류시간을 조절할 수 있다.

[0027] 전위 가변기(121)는 전원공급부로부터 전류를 인가받고, 해수부(122)의 카본 펠트(Carbon Felt) 및 해수전지의 메쉬 플레이트(Mesh plate)에 전류를 인가한다.

[0028] 전위 가변기(121)는 각종 조건의 변화에 상관없이 사전에 설정한 값을 유지할 수 있고 전위 및 전류 등을 제어하는 동시에 측정이 가능한 장치이다.

[0029] 여기서 펌프(110)의 회전수 및 전위 가변기(121)에 인가 되는 전류는 학습부(131), 제어부(140) 및 예측부(150)에서 수행하는 강화학습을 통해 정해진다.

[0030] 유입수에 포함된 염화나트륨은 전기적 인력에 의해 Na와 Cl로 분리되어 담수처리가 진행된다. 담수처리는 사용자의 설정이나 목적에 따라 유입수에 포함된 이온성 물질을 완벽하게 제거하거나 이온성 물질을 일정 수준 이하로 제거하는 과정이다. Na는 담수부와 해수전지 사이에 위치한 NASICON(sodium(Na) super ionic conductor)을 거쳐 메쉬 플레이트로 이동되고, Cl는 음이온 교환막을 거쳐 해수부로 이동된다. 따라서 담수부(123)의 유입수는 이온성 물질이 완벽하게 또는 일부 제거되어 일정 수준 이하의 이온성 물질을 포함하는 처리수가 된다. 처리수는 담수부와 연결된 처리수 탱크(170)로 전달된다.

[0031] 그리고, 해수부의 유입수는 Cl음이온을 포함하는 이온성 물질이 포함된 농축수가 된다. 이온성 물질을 포함하는 농축수는 해수부와 연결된 농축수 탱크(160)로 전달된다.

[0032] 도 2에서 보는 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 해수전지 수처리 제어 시스템(100)의 구성은 해수전지 담수화 모듈(120), 학습부(130), 제어부(140), 예측부(150)를 포함한다.

[0033] 먼저 해수전지 담수화 모듈(120)은 도 3과 같이 해수부(122), 담수부(123) 및 해수전지(124)로 구성된다.

[0034] 도 3은 도 2에 따른 해수전지 담수화 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 도 1 내지 도 3에서 보는 바와 같이 해수전지 담수화 모듈(120)은 담수부(123)를 기준으로 좌측은 음이온 교환막 및 카본 펠트를 포함하는 해수부(122)로 구성되어 있고, 우측은 NASICON 및 메쉬 플레이트를 포함하는 해수전지(124)로 구성되어있다.

[0036] 도 4는 도 3에 따른 해수전지의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0037] 도 3 및 도 4에서 보는 바와 같이, 해수전지(124)는 전해질(electrolyte)을 포함함고, 격리판(separator)을 기준으로 좌측은 NASICON(sodium super ionic conductor) 및 커버(top)를 포함하고, 우측은 메쉬 플레이트(mesh palte), 스페이서(spacer), 스프링(spring) 및 커버(bottom)를 포함한다.

[0038] 여기서, 이온성 물질을 포함한 유입수는 펌프(110)를 통해 해수전지 담수화 모듈(120)에 들어와 담수처리과정을 거친다. 담수처리과정 후 생성된 처리수 및 농축수는 담수부와 연결된 처리수 탱크(170) 또는 해수부와 연결된 농축수 탱크(160)로 전달된다.

[0039] 또한, NASICON 및 음이온 교환막은 이온을 선택적으로 통과 시킬 수 있다. 해수전지 담수화 모듈(120)은 이온 교환막을 통하여 담수처리과정을 진행 함으로써 효과적으로 담수처리를 할 수 있다.

[0040] 다음으로 학습부(130)는 펌프(110)의 회전수(rpm) 및 해수전지 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기를 입력데이터로 설정하고, 이온성 물질을 포함한 유입수의 전기전도도(mS/cm)와 해수전지 모듈(120)에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도(mS/cm)의 차이 값, 유입수의 pH, 처리수의 pH 및 해수전지 모듈(120)의 에너지 사용량(Wh)을 출력데이터로 설정하여 강화학습을 진행한다.

[0041] 그리고 학습부(130)는 상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 상기 처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 하거나 상기 유입수의 전기전도도와 상기 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 pH가 4 이상 7이하일 때, 상기 해수전지 담수화 모듈(120)의 에너지 사용량이 최소가 되도록 강화학습을 할 수 있다.

[0042] 예측부(150)는 펌프(110)의 회전수(rpm) 및 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전압(V) 및 전류(A)의 크기를 이용하여 처리수의 전기전도도(mS/cm), 처리수의 pH 및 에너지 사용량(Wh)을 예측한다.

[0043] 예측부(150)는 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가된 전류 및 측정된 전압의 크기로부터 에너지 사용량을 예측한다.

[0044] 다음으로 제어부(140)는 새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 강화학습모델을 적용하여 펌프(110)의 회전수(rpm), 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기에 대한 공정 조건을 제어한다.

[0045] 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기에 따라 해수전지 담수화 모듈(120)에서 측정되는 전압의 크기는 변화한다.

[0046] 이를 이용하여, 제어부(140)는 해수전지 담수화 모듈(120)에서 측정된 전압의 크기가 4.5V까지 상승 또는 처리수의 pH가 4 이하 또는 해수전지 담수화 모듈(120)이 더 이상 수처리를 할 수 없는 상태가 되면, 해수전지 담수화 모듈(120)의 유입수의 담수 처리를 중지시킨다.

[0047] 여기서 전압 4.5V 이상은 전해질 분해 반응이 발생할 수 있는 전압 범위로서, 전해질 분해 반응이 일어나면 유해 가스가 발생할 수 있다. 가스 발생은 셀 간의 압력을 높이는 원인이 되어 폭발의 위험성을 높인다. 따라서, 전압을 4.5V 이하로만 유지한다면 전해질 분해 반응이 일어나지 않고 탈염 효율을 유지하면서, 낮은 에너지 사용량으로 수처리를 할 수 있다.

[0048] 일반적으로, 음료수의 pH는 3에서 5 사이이며, 해수의 pH는 8에서 8.5사이이고, 증류수의 pH는 7에 근접한 값을 가진다.

[0049] 그리고 학습부(130), 제어부(140) 및 예측부(150)는 도 1에 나타낸 것처럼 별도의 단말기에 일체화 될 수 있다.

[0050] 이하에서는 도 5 및 도 6를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 해수전지 수처리 시스템(100)을 이용한 심층 강화학습을 기반으로 한 해수전지 수처리 제어 방법에 대해 살펴보도록 한다.

[0051] 먼저 도 5를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습을 하는 과정에 대해 설명한다.

[0052] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 강화학습방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0053] 먼저, 도 1 및 도 5에서 보는 바와 같이 유입수 탱크(105)에 이온성 물질을 포함하는 유입수가 유입되면, 펌프(110)는 유입수를 해수전지 모듈(120)로 전달한다(S510).

[0054] 다음으로, 학습부(130)는 펌프의 회전수(rpm), 해수전지 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기, 해수전지 담수화 모듈의 에너지 사용량(Wh), 유입수의 전기전도도(mS/cm), 처리수의 전기전도도(mS/cm), 유입수의 pH 및 처리수의 pH 값의 측정값을 입력받는다(S520).

[0055] 즉, 센서부(도시하지 않음)는 현재 담수처리 과정에서 펌프의 회전수(rpm)와 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기를 실시간으로 측정하고, 측정된 데이터를 학습부(130)로 전달한다.

[0056] 다음으로, 학습부(130)는 실시간으로 입력된 데이터를 이용하여 유입수의 전기전도도(mS/cm)와 처리수의 전기전도도(mS/cm)의 차이가 최대가 되고 처리수의 pH는 4 이상을 유지하도록 강화학습모델을 학습한다(S530).

[0057] 즉, 학습부(130)는 펌프의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기를 입력데이터로 설정하고, 유입수의 전기전도도와 해수전지 담수화 모듈(120)에 의해 담수 처리된 처리수의 전기전도도의 차이 값과 해수전지 담수화 모듈(120)의 에너지 사용량을 출력데이터로 설정하여 강화학습모델을 학습시킨다.

[0058] 또한 학습부(130)는 유입수의 전기전도도와 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 처리수의 pH 4 이상 7 이하인 상태에서, 해수전지 모듈의 에너지 사용량(Wh)이 최소가 되도록 학습시킬 수도 있다.

[0059] 여기서 강화학습모델은 LSTM(long short-term memory)을 적용하는 모델로서, 기존 RNN 모델과 달리 먼 과거의 데이터를 이용하는 학습이 가능한 딥러닝 시스템을 포함한다.

[0060] 도 5와 같이 학습과정을 통하여 강화학습모델의 학습이 완료되면, 새로 유입되는 유입수에 대하여 기 학습된 강화학습모델을 통하여 담수 처리를 진행할 수 있는 바, 이하에서는 도 6을 통하여 유입수의 담수 처리 방법에 대하여 설명한다.

[0061] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 해수전지 수처리 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0062] 도 1 및 도 6에서 보는 바와 같이, 유입수 탱크(105)에 이온성 물질이 포함된 새로운 유입수가 유입되면, 펌프(110)를 거쳐서 유입수를 해수전지 담수화 모듈(120)로 전달한다(S610).

[0063] 예측부(150)는 펌프(110)의 회전수, 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기 및 유입수의 전기전도도를 입력받는다(S620).

[0064] 즉, 센서부(도시하지 않음)는 현재 담수처리 과정에서 펌프의 회전수(rpm), 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류(A)의 크기 및 유입수의 전기전도도를 실시간으로 측정하고, 측정된 데이터를 학습부(130)로 전달한다.

[0065] 예측부(150)는 처리수의 전기전도도, 처리수의 pH 및 에너지 사용량을 예측한다(S630).

[0066] 즉, 예측부(150)는 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기 및 유입수의 전기전도도를 기 학습된 강화학습모델에 적용하여, 처리수의 전기전도도, 처리수의 pH 및 에너지 사용량을 예측할 수 있다.

[0067] 특히, 예측부(150)는 측정된 유입수의 전기전도도와 예측된 처리수의 전기전도도의 차이를 이용하여 유입수와 처리수의 전기전도도의 차이를 연산할 수 있다.

[0068] 또한, 예측부(150)는 강화학습모델을 통해 해수전지 모듈에 인가되는 전류의 크기로부터 에너지 사용량을 예측할 수 있으며, 예측된 전압을 수학식 1에 대입하여 예측하여 다음의 수학식 1과 같이 에너지 사용량을 연산할 수도 있다.

[0069] 이때 에너지 사용량은 하기의 수학식 1과 같이 정의된다.

수학식 1

$$E\,(Wh) = \int_{t1}^{t2} V(t) \times I(t)\,dt$$

[0070]

[0071] 여기서, t1은 전류의 흐름이 시작된 시간, t2는 전류의 흐름이 멈춘 시간, V(t)는 전압의 시간에 대한 함수, I(t)는 전류의 시간에 대한 함수이다.

[0072] 제어부(140)는 학습부(130) 및 예측부(150)의 학습 데이터를 통해 펌프(110)의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기를 제어한다(S640).

[0073] 이때, 펌프(110)의 회전수가 감소하면 해수전지 담수화 모듈(120)에서 유체의 체류시간이 길어져 처리수의 전기전도도가 낮아지고 처리수의 pH가 낮아진다. 반면에 전류가 높으면 처리수의 전기전도도가 낮아지고 전기적 인력의 강화로 더 빠른 이온흡착이 가능하다. 하지만 전류 상승으로 인해 해수전지 모듈(120) 전체 저항이 증가하므로 전압이 빠르게 상승한다.

[0074] 이와 같이 제어부(140)는 유입수의 전기전도도와 처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고 처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 펌프(110)의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기를 제어한다.

[0075] 또한, 제어부(140)는 유입수의 전기전도도와 처리수의 전기전도도의 차이가 기준값보다 크고 처리수의 pH가 4 이상 7 이하인 상태에서 해수전지 담수화 모듈(120)의 에너지 사용량이 최소가 되도록 하는 펌프(110)의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈(120)에 인가되는 전류의 크기를 제어할 수 있다.

[0076] 제어부(140)는 이온성 물질이 제거된 처리수를 처리수 탱크(170)로 전달한다(S650).

[0077] 제어부(140)는 이온성 물질이 제거된 처리수를 담수부(123)와 연결된 처리수 탱크(170)로 전달한다

[0078] 여기서, 유입수의 전기전도도와 처리수의 전기전도도의 차이가 클수록 해수전지 담수화 모듈(120)에 유입수에 포함된 이온성 물질이 많이 흡착되어 이온성 물질이 많이 제거된 처리수가 된다.

[0079] 한편, 해수전지 담수화 모듈(120)에서 측정된 전압이 4.5V에 도달하면, 해수전지 담수화 모듈(120)은 유입수의 담수 처리를 중지시킨다.

[0080] 만일 해수전지 담수화 모듈(120)에서 측정된 전압이 4.5V에 도달하지 않거나 처리수의 pH가 4이상인 경우에는 S650단계를 반복하게 된다.

[0081] 또한, 음이온성 물질을 포함하는 농축수는 해수부(122)에 연결된 농축수 탱크(160)로 전달된다.

[0082] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면 심층 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 최적의 공정 조건을 안정적으로 정확하고 빠르게 제공할 수 있고, 낮은 전위를 이용함으로써 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.

[0083] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0084] 100: 해수전지 수처리 제어 시스템

105: 유입수 탱크

110: 펌프 120: 해수전지 담수화 모듈

121: 전위 가변기 122: 해수부

123: 담수부 124: 해수전지

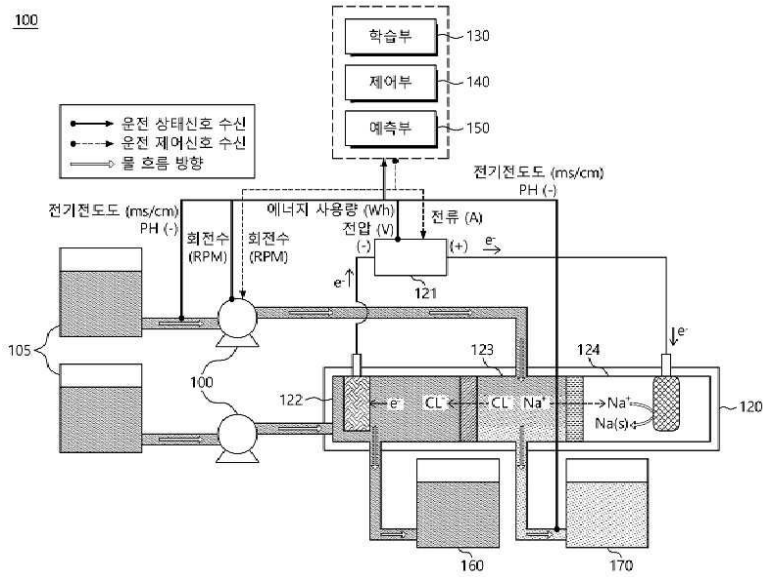
130: 학습부 140: 제어부

150: 예측부 160: 농축수 탱크

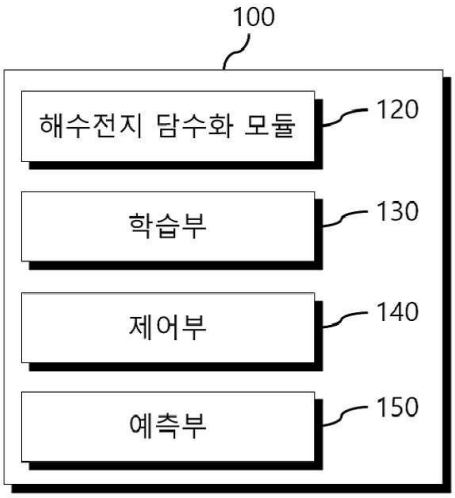
170: 처리수 탱크

도면

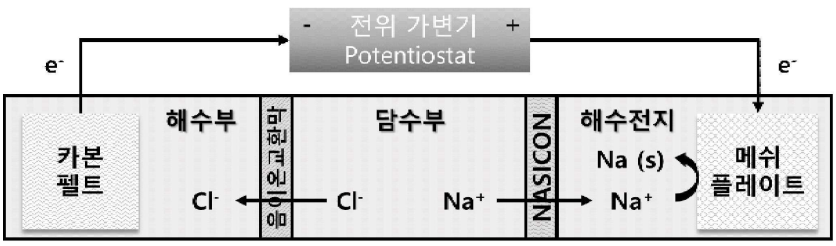
도면1



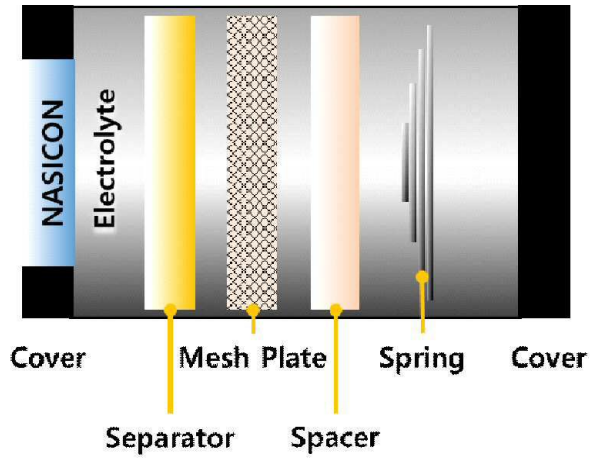
도면2



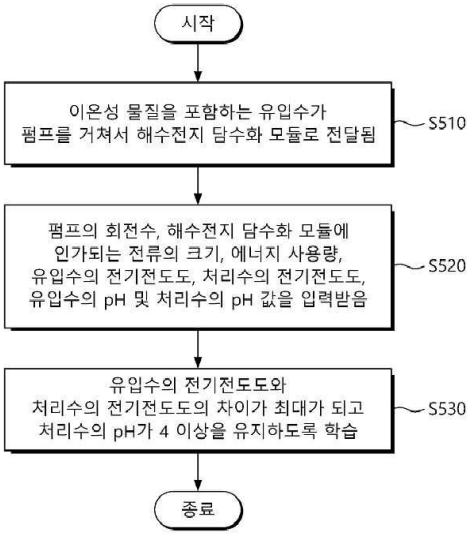
도면3



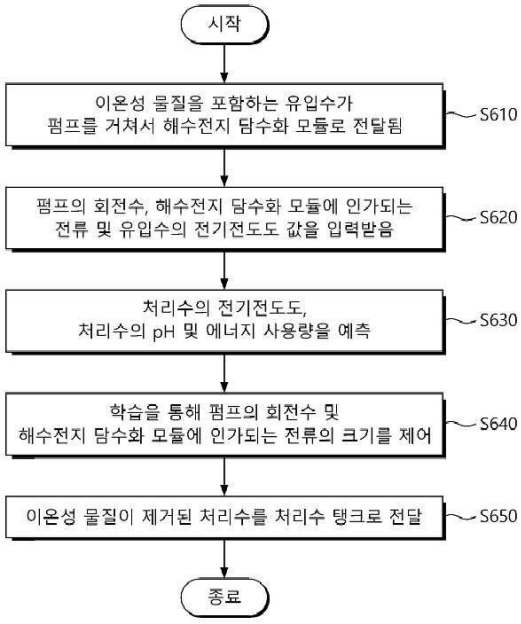
도면4


NASICON
Electrolyte
Cover
Mesh Plate
Spring
Cover
Separator
Spacer

도면5


시작
이온성 물질을 포함하는 유입수가
펌프를 거쳐서 해수전지 담수화 모듈로 전달됨
S510
펌프의 회전수, 해수전지 담수화 모듈에
인가되는 전류의 크기, 에너지 사용량,
유입수의 전기전도도, 처리수의 전기전도도,
유입수의 pH 및 처리수의 pH 값을 입력받음
S520
유입수의 전기전도도와
처리수의 전기전도도의 차이가 최대가 되고
처리수의 pH가 4 이상을 유지하도록 학습
S530
종료

도면6


시작
이온성 물질을 포함하는 유입수가 펌프를 거쳐서 해수전지 담수화 모듈로 전달됨
S610
펌프의 회전수, 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류 및 유입수의 전기전도도 값을 입력받음
S620
처리수의 전기전도도, 처리수의 pH 및 에너지 사용량을 예측
S630
학습을 통해 펌프의 회전수 및 해수전지 담수화 모듈에 인가되는 전류의 크기를 제어
S640
이온성 물질이 제거된 처리수를 처리수 탱크로 전달
S650
종료