



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월20일
 (11) 등록번호 10-1431636
 (24) 등록일자 2014년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 F03G 7/00 (2006.01) H02N 11/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0105993
 (22) 출원일자 2013년09월04일
 심사청구일자 2013년09월04일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2010027213 A
 WO2012061215 A1
 KR1020110034006 A

(73) 특허권자
 한국에너지기술연구원
 대전광역시 유성구 가정로 152(장동)
 (72) 발명자
 김태환
 대전광역시 유성구 엑스포로 448 (전민동, 엑스포
 아파트) 207동 203호
 박중수
 대전광역시 서구 만년로 25 (만년동, 강변아파트)
 110동 1505호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 황이남

전체 청구항 수 : 총 3 항

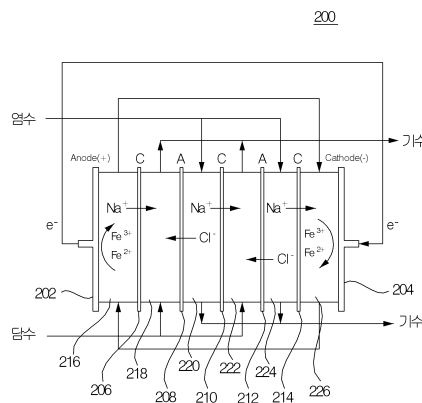
심사관 : 경천수

(54) 발명의 명칭 **고효율 농도차 발전장치**

(57) 요약

본 발명은 전하 이동을 증가시킬 수 있는 이온교환막의 배치를 통해 발전 효율을 증대시킬 수 있는 고효율 농도차 발전장치에 관한 것으로, 전극세정용액이 이동하는 유동산화전극; 상기 유동산화전극과 이격되어 마주보도록 배치되고, 전극세정용액이 이동하는 유동환원전극; 및 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극 사이에 배치되고, 상기 유동산화전극에 근접한 방향으로 배치되고 담수가 흐르는 담수유로 및 상기 담수유로와 음이온 교환막으로 분리되는 염수가 흐르는 염수유로를 가지며, 양단부에 배치되는 양이온 교환막으로 구분되는 하나 이상의 농도차 유로쌍;을 포함하고, 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극의 전극세정용액은 펌프를 이루도록 순환되며, 상기 전극세정용액의 양이온과 상기 염수의 양이온은 동일하고, 상기 유동산화전극 및 상기 유도환원전극에 접하는 양이온교환막의 물의 투과도는 나머지 모든 이온교환막과 물의 투과도보다 작은 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김동국

대전광역시 유성구 어은로 57 (어은동,
한빛아파트) 132동 606호

김한기

제주특별자치도 제주시 남광로 65 (이도이동, 혜성
무지개타운) 105동 202호

양현경

제주특별자치도 제주시 조천읍 일주동로 952-25 (조천반석타운) 다동 503호

특허청구의 범위

청구항 1

전극세정용액이 이동하는 유동산화전극;

상기 유동산화전극과 이격되어 마주보도록 배치되고, 전극세정용액이 이동하는 유동환원전극; 및

상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극 사이에 배치되고, 상기 유동산화전극에 근접한 방향으로 배치되고 담수가 흐르는 담수유로 및 상기 담수유로와 음이온 교환막으로 분리되는 염수가 흐르는 염수유로를 가지며, 양단부에 배치되는 양이온 교환막으로 구분되는 하나 이상의 농도차유로쌍;을 포함하고,

상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극의 전극세정용액은 폐루프를 이루도록 순환되며,

상기 전극세정용액의 양이온과 상기 염수의 양이온은 동일하고,

상기 유동산화전극 및 상기 유도환원전극에 접하는 양이온교환막의 물의 투과도는 나머지 모든 이온교환막과 물의 투과도보다 작은 것을 특징으로 하는 고효율 농도차 발전장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극의 전극세정용액의 합은 상기 염수와 담수의 유량의 0.5~2배인 것을 특징으로 하는 고효율 농도차 발전장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 담수의 유량은 상기 염수의 유량 이상인 것을 특징으로 하는 고효율 농도차 발전장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 고효율 농도차 발전장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전하 이동을 증가시킬 수 있는 이온교환막의 배치를 통해 발전 효율을 증대시킬 수 있는 고효율 농도차 발전장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 화석연료 가격의 지속적인 상승과, 일본 후쿠시마 원자력 발전소 사고로 인하여, 기존의 화석연료 및 원자력에만 의존하던 전력생산방식의 탈피가 요구되고 있다.

[0003] 수력발전은 발전소를 건설할 수 있는 장소적 제약이 크고 발전소 건설비용이 막대한 문제점이 있다. 그리고, 이에 따른 전력생산량도 미비하여, 국소단위의 전기공급은 가능하지만 국가 전체적인 안정적인 전기공급에는 한계가 있다.

[0004] 풍력발전 역시 건설할 수 있는 장소적 제약이 클 뿐만 아니라, 바람의 세기가 시간에 따라 변화하기 때문에 일정한 세기의 전력을 생산하는 것이 어려운 문제점이 있다. 또한, 수력발전과 마찬가지로 전력생산량도 미비하여, 국소단위의 전기공급은 가능하지만 국가 전체적인 안정적인 전기공급에는 한계가 있다.

[0005] 그리고, 태양열발전은 발전을 위해서는 거대한 공간을 필요로 할 뿐만 아니라 발전량도 적고 날씨에 따라 발전 효율이 크게 달라서 보조적인 전력공급원에 지나지 않는다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2011-0034006호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 본 발명의 목적은, 전하 이동을 증가시킬 수 있는 이온교환막의 배치를 통해 발전 효율을 증대시킬 수 있는 고효율 농도차 발전장치를 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 전극세정용액이 이동하는 유동산화전극; 상기 유동산화전극과 이격되어 마주보도록 배치되고, 전극세정용액이 이동하는 유동환원전극; 및 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극 사이에 배치되고, 상기 유동산화전극에 근접한 방향으로 배치되고 담수가 흐르는 담수유로 및 상기 담수유로와 음이온 교환막으로 분리되는 염수가 흐르는 염수유로를 가지며, 양단부에 배치되는 양이온 교환막으로 구분되는 하나 이상의 농도차유로쌍;을 포함하고, 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극의 전극세정용액은 페루프를 이루도록 순환되며, 상기 전극세정용액의 양이온과 상기 염수의 양이온은 동일하고, 상기 유동산화전극 및 상기 유동환원전극에 접하는 양이온교환막의 물의 투과도는 나머지 모든 이온교환막과 물의 투과도보다 작은 것을 특징으로 한다.

[0009] 그리고, 상기 유동산화전극과 상기 유동환원전극의 전극세정용액의 합은 상기 염수와 담수의 유량의 0.5~2배인 것을 특징으로 한다.

[0010] 또, 담수의 유량은 염수의 유량 이상인 것이 바람직하다.

[0011]

발명의 효과

[0012] 본 발명을 통하여, 폐회로를 가지는 산화환원전극 및 교대로 반복설치되는 염수유로와 담수유로에 의해 이온 농도를 증가시켜 발전 효율을 증대시킬 수 있다.

[0013] 따라서, 평시에 여유에너지로 염수를 농축하여 농축염수를 저장하고, 전력사용량이 피크시에 본 발명을 사용하여 농축염수와 담수의 농도차에 의한 발전을 통해 피크부하를 경감시킬 수 있는 전력저장장치로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고효율 농도차 발전장치의 개략적인 구성도이다.

도 2는 이온교환막의 배치에 따른 출력 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 3은 담수의 전기전도도에 따른 출력 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 4는 염수와 담수의 유량 비에 따른 출력 특성을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명을 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 하기의 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하며, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

- [0016] 일반적으로, '염수' 라 칭함은 염의 농도가 해수의 염(salt) 농도인 35,000 mg/L 이상을 가지는 용액이며, '기수' 라고 칭함은 염 농도가 1,000~10,000 mg/L 정도를 가진 용액이며, '담수' 라 칭함은 염 농도가 0~1,000 mg/L를 가진 용액을 뜻한다. 이는 미국 지질조사소에서 염의 농도에 따라 수질을 분류한 것이다.
- [0017] 다만, 본 발명에서는 발전을 위해 공급되는 염이 포함된 용액을 염수라 하고, 발전을 위해 염이 없거나 공급되는 염수에 비해 농도가 상대적으로 적은 용액을 담수라 하며, 공급되는 염수와 담수가 이온의 이동으로 전기를 발생시키고 배출되는 용액을 기수라 칭하며, 따라서 기수는 이온의 농도가 염수보다 작고 담수보다 크게 된다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고효율 농도차 발전장치(200)의 개략도이다.
- [0019] 상기 농도차 발전장치(200)는 전극세정용액이 이동하는 유동산화전극(216)와, 상기 유동산화전극(216)과 이격되어 마주보도록 배치되고 전극세정용액이 이동하는 유동환원전극(226)과, 상기 유동산화전극(216)과 상기 유동환원전극(226) 사이에 배치되는 농도차유로쌍을 포함하여 이루어진다.
- [0020] 상기 유동산화전극(216)과 상기 유동환원전극(226)은 전극세정용액이 지나가는 페루프를 이룬다. 따라서, 상기 유동산화전극(216)과 상기 유동환원전극(226) 사이에는 전극세정용액의 순환을 위한 펌프 등의 순환장치가 설치될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시예에서는 상기 농도차유로쌍은 2개를 가지고 있으며, 좌측에 담수유로(218,222), 우측에 염수유로(220,224)가 설치된다. 상기 담수유로(218,222)에는 담수가 공급되고, 상기 담수유로(218,222)를 지난 기수는 외부로 배출된다. 그리고, 상기 염수유로(220,224)에는 염수가 공급되고, 상기 염수유로(220,224)를 지난 기수는 외부로 배출된다. 즉, 상기 담수유로(218,222)와 상기 염수유로(220,224)는 교대로 배치된다.
- [0022] 그리고, 상기 농도차유로쌍의 양단부는 양이온 교환막(206,210,214)이 배치되고, 상기 염수유로(220,224)와 상기 담수유로(218,222) 사이에는 음이온 교환막(208,212)이 설치된다.
- [0023] 따라서, 상기 유동산화전극(216)은 양극집전체(202)와 상기 양이온 교환막(206)으로 전극세정용액이 흐르는 공간이 한정되고, 유동환원전극(226)은 상기 양이온 교환막(214)와 음극집전체(204)로 전극세정용액이 흐르는 공간이 한정된다.
- [0024] 상기 담수유로(218,222), 상기 염수유로(220,224), 상기 유동산화전극(216), 상기 유동환원전극(226) 내부에는 간격변동을 방지하기 위한 스페이서가 설치될 수 있다.
- [0025] 상기 전극세정용액은 상기 염수유로(220,224)에 흐르는 염수와 동일한 양이온을 가지며, 본 발명의 실시예에서는 나트륨이온(Na^+)를 사용한다. 이러한, 전극세정용액은 나트륨이온의 출입에 따른 전자의 잉여량 또는 부족량은 Fe^{2+} 와 Fe^{3+} 사이의 전환으로 보충하게 되고, 이 때 발생하는 전위차에 의해 상기 양극집전체(202)와 상기 음극집전체(204) 사이에 전류가 흐르게 된다.
- [0026] [반응식 1]
- [0027] $\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$
- [0028] 이와 같은 전극세정용액으로는 페로시아화물($\text{Fe}(\text{CN})_6$)과 NaCl 의 혼합용액을 사용할 수 있다. 그리고, 상기 염수에는 음이온으로써 염소이온(Cl^-)이 포함된다.
- [0029] 본 발명의 실시예 1에 따른 농도차 발전장치(100)는 상술한 바와 같이 구성된다. 이하, 상기 농도차 발전장치(100)의 작동원리에 대하여 설명한다.
- [0030] 염분차로 얻을 수 있는 이론적인 에너지량을 Veerman(J. Veerman et.al., Reverse electrodialysis: Performance of a stack with 50 cells on the mixing of sea and river water, J. Membr. Sci. 327(2009) 136-144)이 제시한 방법으로 구하면 표 1과 같다.

표 1

$V_R(m^3)$	$V_S(m^3)$	V_R/V_S	G(J)
∞	1	∞	∞
10	1	10	6.1
2	1	2	2.8
1	1	1	1.76
1.26	0.74	1.72	1.87
1	2	0.5	2.06
1	10	0.1	2.43
1	∞	0	2.55

[0031]

[0032]

[0033]

[0034]

[0035]

[0036]

[0037]

[0038]

[0039]

표 1에서 깁스자유에너지(Gibbs free energy)(G)는 298K에서 해수(염농도: 30kg NaCl/m³)와 담수(염농도: 0kg NaCl/m³)의 농도차에서 얻을 수 있는 값이며, 여기서, V_R 는 담수량(river volume)이고, V_S 는 해수량(Sea water volume)이다. 본 발명에 의하면 이러한 염분차로 얻을 수 있는 에너지를 전기에너지로 얻을 수 있게 된다.

에노드(anode) 전극인 유동산화전극(216)과 케소드(cathode) 전극인 유동환원전극(226)의 사이에, 순차적으로 배치되는 담수유로(218,222)와 염수유로(220,224)에서 도 1과 같은 이온의 이동이 일어난다. 즉, 양이온 교환막(Cation Exchange membrane)(206,210,214)을 통해서 Na^+ 와 같은 양이온이 이동하고, 음이온 교환막(Anion Exchange membrane)(208,212)에서는 Cl^- 와 같은 음이온이 이동하게 된다. 따라서, 상기 유동산화전극(216)의 양이온은 담수유로(218,222)로 이동하고, 염수유로(220,224)의 양이온이 유동환원전극(226)로 이동하게 된다. 또한, 염수유로(220,224)의 음이온은 상기 담수유로(218,222)로 이동하게 된다. 결과적으로, 염(salt)의 농도가 높은 해수부분에서 염의 농도가 낮은 담수부분으로 이온이 이동하면서 양이온은 오른쪽 케소드(Cathode)전극 방향으로 향하며, 이와 반대로 음이온은 왼쪽 에노드(Anode) 전극방향으로 향하게 된다. 이를 통해 이온전류(Ion current)가 오른쪽에서 왼쪽으로 흐르게 되면, 유동산화전극(216)에서는 산화반응이 일어나면서 전해질로부터 전자를 얻게 되고 유동환원전극(226)에서는 환원반응이 일어나면서 전해질로 전자를 주게 된다. 이때 전자는 외부 도선을 따라 흐르게 되므로 전류를 발생시키는 것이다.

그리고, 상기 유동산화전극(216)과 상기 유동환원전극(226)을 폐순환하는 전극세정액(Electrode rinse solution)은 상기 양극집전체(202)와 상기 음극집전체(204)에 발생하는 과울링을 제거하는 역할과 동시에 산화 및 환원반응을 촉진시키는 역할을 한다.

따라서, 본 발명에서는 이러한 상기 유동산화전극(216)과 상기 유동환원전극(226)과 농도차유로쌍의 배치에 의해, 단위 부피당 이온의 농도를 증가시켜서 이온의 포텐셜을 높일 수 있으며, 이 결과 이온 전류의 증가를 유발할 수 있다. 즉, 이온전류가 발생하면 이는 곧, 전하이동을 뜻하므로 전류의 증가를 뜻하는 것으로 볼 수 있다.

다시 말해, 염수와 담수를 투입시킬 경우, 염수가 가지고 있는 양이온 및 음이온들은 이온교환막을 통해 담수부분으로 투과되면서, 농도 구배가 생긴다. 이때 양이온은 에노드(Anode) 전극방향으로 그리고 음이온은 케소드(Cathode) 전극방향으로 이끌리게 되면서 이온전류(Ion current)를 형성하게 되고, 이를 통해 양 전극부분에서는 산화환원 반응을 통해 전자의 이동, 즉 전류(electron current)를 발생시키게 된다.

이 때, 담수유로(218)를 흐르는 담수와 해수유로(224)를 흐르는 해수로부터 양이온 이외에 물이 투과하여 전극세정용액과 전극표면에서의 산화환원반응을 억제하고, 전극세정용액의 농도를 희석시키는 것을 방지하기 위하여 도 1에서 전극과 인접한 양이온 교환막(206,214)은 물투과율(Water Flux)이 낮은 양이온 교환막을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 양이온 교환막(206,214)의 물 투과도는 다른 모든 이온교환막(208,210,212)의 물 투과도보다 작게 설치되어, 상기 양이온 교환막(206,214)은 물의 이동에 대한 장벽으로서의 역할을 수행할 수 있게 된다.

또, 염수의 유량이 크면 내부저항이 커지게 되므로, 염수의 유량을 담수의 유량과 같거나 작게 하여 내부 저항을 낮추면, 이온교환막을 통한 이온 이동, 즉 전류량이 늘어나므로 높은 출력을 얻기에 바람직하다.

[실험예 1]

[0040] 상술한 전극과 인접한 양이온 교환막(206,214)과 다른 모든 이온교환막(208,210,212)의 물투과도에 따른 발전효율을 확인하기 위하여, 다음과 같이 2가지 이온교환막을 사용하였다.

표 2

[0041]	이온교환막 A	이온교환막 B
Diffusion Const. of water (10^{-10} m ² /s)	6±6	13±2
Electro-osm. water transport (mol/F)	4.6±3.2	11.7±2.1
Diffusion Const. of NaCl (10^{-10} m ² /s)	0.55±0.02	<0.02

[0042] ※ 이온교환막 종류에 따른 물, 염분의 이동 계수 (J. Veerman et al., 2009)

[0043] 실험예 1에서는 모든 양이온교환막 및 음이온교환막을 이온교환막B만을 사용한 경우와, 전극과 인접한 양이온교환막(206,214)은 이온교환막 A를 사용하고, 나머지 모든 이온교환막(208,210,212)은 이온교환막 B를 사용하는 경우로 나누어 시험하였다. 폐순환하는 전극세정용액은 유량이 80mL/min 이고, 염수유로를 흐르는 염수 및 담수유로를 흐르는 담수의 유량이 각각 50 mL/min, 30 mL/min 인 경우를 기준으로 비교하였다.

[0044] 도 2에 도시된 바와 같이, 이온교환막 B만을 사용한 경우는 이온교환막 면적당 0.33W/m² 출력을 얻은 반면, 이온교환막 A와 B를 동시에 사용한 경우는 이온교환막 면적 당 0.89W/m² 의 출력 밀도를 얻을 수 있었다.

[0045] 따라서, 이온교환막의 배치에 따라 농도차 발전장치의 출력을 증대시키는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.

[0046] [실험예 2]

[0047] 실험예 2는 전극세정용액과, 담수 및 염수의 유량의 비가 영향을 미치는 지 여부에 대한 실험이다. 전극용액을 5ml/min로 고정하고, 담수 및 염수의 유량을 증가시키면서 실험하였으며, 담수와 염수의 유량비는 1:1이다. 이 때 이온교환막은 실험예1에서 언급한 이온교환막 B만을 사용하였다.

[0048] 도 4에서 담수 및 염수의 유량이 5ml/min일 때가 최대이며, 이 값을 벗어나면 출력이 감소하는 것으로 나타나고 있다. 또한, 담수 및 염수의 유량이 2.5ml/min와 10ml/min일 때, 출력이 0.4W/m² 이상으로 나왔다. 그리고, 2.5 ml/min보다 작은 경우에는 실험결과가 도출되지 않았으며, 10ml/min보다 큰 경우에는 출력이 크게 떨어지게 문제점이 있었다.

[0049] 따라서, 담수 및 염수의 유량의 합은 유동산화전극 및 유동환원전극의 전극세정용액의 유량의 0.5~2배인 것이 바람직함을 알 수 있다. 더욱 바람직하게는 담수 및 염수의 유량의 합은 유동산화전극과 유동환원전극의 전극세정용액의 유량의 합과 같다.

[0050] 전극세정용액은 반복해서 사용하는 것이지만, 기본적으로 염수와 담수에 비해 가격이 비싸므로, 실제 산업에 적용시에는 담수 및 염수의 유량의 합은 유동산화전극 및 유동환원전극의 전극세정용액의 유량과 같거나, 더욱 바람직하게는 그 이상인 것이 비용경제적으로 유리하다.

[0051] [실험예 3]

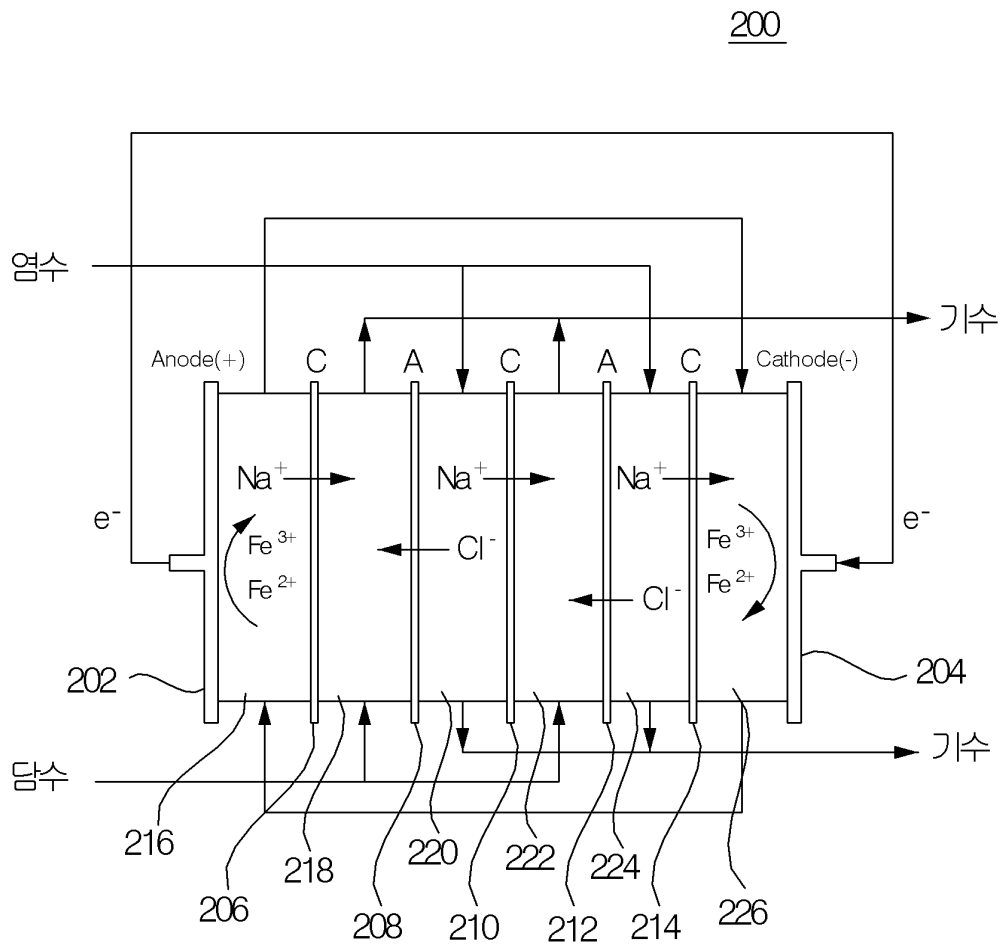
[0052] 실험예 3은 담수와 염수의 유량이 출력에 영향을 미치는 지 여부에 대한 실험이다. 실험예 3에서는 전극세정용액을 100ml/min로 고정하고, 염수와 담수의 유량을 변경하면서 실험하였다. 유량은 다음 표 3과 같다. 이 때 이온교환막은 실험예1에서 언급한 이온교환막 B만을 사용하였다.

표 3

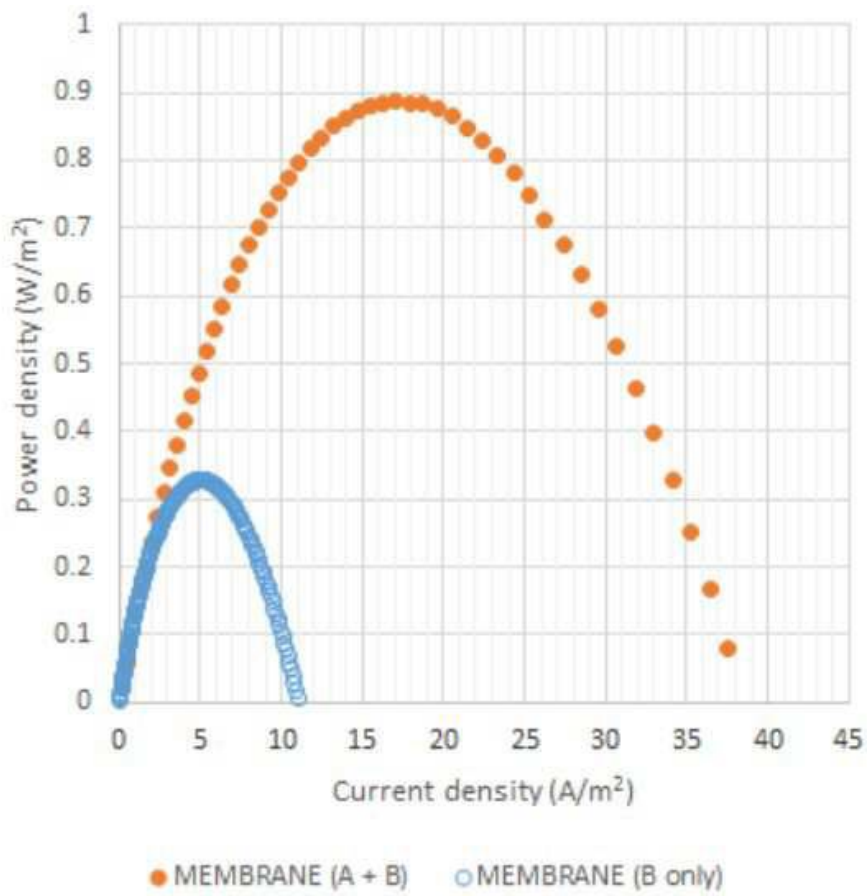
[0053]	구분	전극세정용액	염수	담수
	1	100ml/min	60ml/min	40ml/min
	2	100ml/min	50ml/min	50ml/min
	3	100ml/min	20ml/min	80ml/min

도면

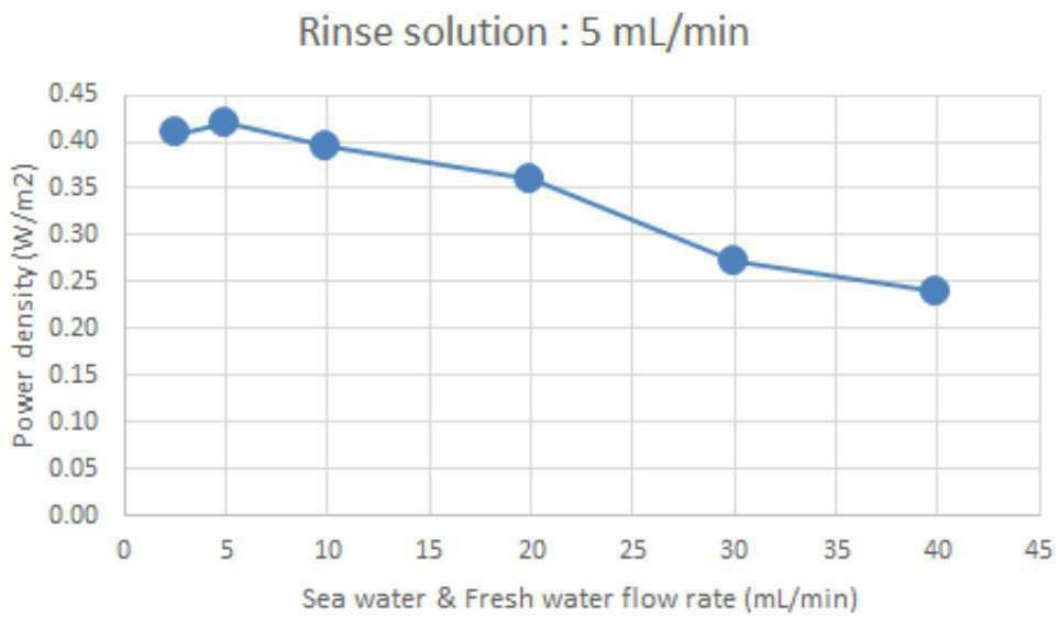
도면1



도면2



도면3



도면4

