



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월10일

(11) 등록번호 10-2740211

(24) 등록일자 2024년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F03B 13/14 (2006.01) F03B 11/00 (2006.01)

F03B 13/08 (2006.01) F03D 9/25 (2016.01)

(52) CPC특허분류

F03B 13/14 (2013.01)

F03B 11/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0192370

(22) 출원일자 2023년12월27일

심사청구일자 2023년12월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR102054957 B1

KR100662055 B1

W02011114072 A1

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(주)해안해양기술

서울특별시 금천구 두산로 70 ,2511호(독산동, 현대지식산업센터)

(72) 발명자

이창훈

서울특별시 광진구 천호대로137길 51, 503호

최혁진

서울특별시 강남구 삼성로 14, 430동 1302호(개포동, 개포자이프레지던스

안석진

인천광역시 서구 이음5로 65, 2409동 2302호

(74) 대리인

최동혁

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 최진환

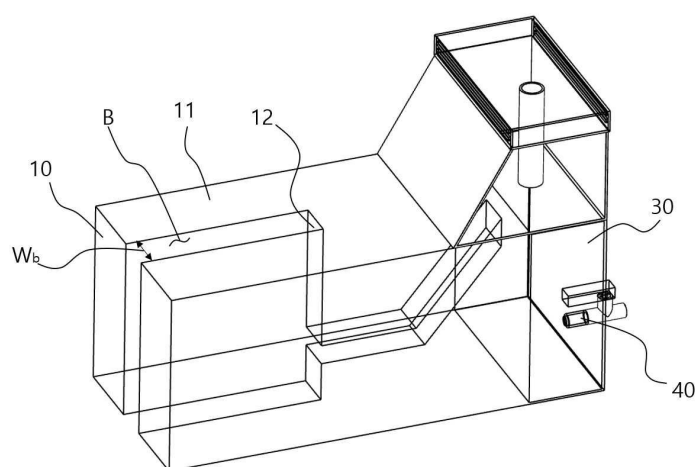
(54) 발명의 명칭 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템

(57) 요약

복합공진을 이용한 파력발전 시스템이 개시된다. 복합공진을 이용한 파력발전 시스템은 한 쌍의 측벽 내에 형성되는 만; 상기 만과 연결되도록 형성되는 수평수로; 상기 수평수로에 연결되도록 형성되는 경사수로; 상기 경사수로의 출구와 연결되는 저수조; 및 상기 저수조와 연결된 내해수로에 마련되어 내해와 상기 저수조의 수위차에 의해 발전되는 수차;를 포함하고, 상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체 길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일하며, 상기 만 내에서 발생하는 공진은 상기 만의 길이에 의해 유도되는 것을 포함하고, 상기 만의 폭이 증가할수록 상기 만의 길이는 짧아지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

F03B 13/08 (2013.01)

F03D 9/25 (2023.08)

F05B 2220/706 (2013.01)

Y02E 10/30 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1525014993
과제번호	RS-2023-00239837
부처명	해양수산부
과제관리(전문)기관명	해양수산과학기술진흥원
연구사업명	해양수산 기술창업 Scale-up 사업
연구과제명	다중공진 현상을 적용한 실효역 파력발전체 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교산학협력단, ㈜해안해양기술
연구기간	2023.04.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

한 쌍의 측벽 내에 형성되는 만;

상기 만과 연결되도록 형성되는 수평수로;

상기 수평수로에 연결되도록 형성되는 경사수로;

상기 경사수로의 출구와 연결되는 저수조; 및

상기 저수조와 연결된 내해수로에 마련되어 내해와 상기 저수조의 수위차에 의해 발전되는 수차;를 포함하고,

상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체 길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일하며,

상기 만 내에서 발생하는 공진은 상기 만의 길이에 의해 유도되는 것을 포함하고,

상기 만의 길이(l_b)는 아래의 [수학식 1]에 의해 산출되며,

[수학식 1]

$$l_b = \lambda/4$$

(여기서, λ 는 입사파의 파장이다)

상기 파장에 대한 상기 만의 길이(l_b)의 비인 기본값은 아래의 [수학식 2]에 의해 산출되며,

[수학식 2]

$$\text{기본값} = l_b/(\lambda/4)$$

상기 기본값은 0.7 내지 1 미만인, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 만의 폭 및 상기 만의 수심(Hb) 중 하나 이상을 조절하여 상기 기본값이 0.7 내지 1 미만이 되도록 하는 것을 특징으로 하는, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 수평수로는 외해에서 유입되는 파랑의 파고의 2배이상 3배 미만의 위치에 설치되는 것을 특징으로 하는, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 저수조 상에는,

상기 저수조와 서로 공기가 소통할 수 있는 공기소통로가 형성된 발전부가 배치되고,

상기 공기소통로에는 풍력터빈이 설치되며, 상기 저수조와 상기 공기소통로를 통해 소통하는 공기의 이동에 의하여 상기 풍력터빈이 회전하여 발전이 가능한, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 내해수로를 개폐하는 개폐부를 더 포함하고,

상기 개폐부는,

상기 저수조 내에 설치된 가이드부;

상기 가이드부 내에서 왕복이동이 가능한 개폐판; 및

상기 개폐판과 연결된 부력체를 포함하고,

상기 저수조 내에 유입된 물에 의한 부력에 의하여 상기 개폐판이 상승하는 경우 상기 개폐부가 개방되는, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 파랑에 의한 만 내 공진과 수로 내 공진을 함께 이용하여 월파된 물과 외부와의 수위차로 발전을 유도하도록 구성된 파력발전 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 만의 길이를 단축하고 만 내측으로 갈수록 수심을 얕게 하여 만 내 공진의 극대화를 추구하여 발전시설 규모의 최소화와 발전효율의 최대화를 구현할 수 있는 복합공진 파력발전 시스템이다.

배경 기술

[0003] 우리나라의 연안해역의 파력에너지 부존량은 6500MW로 평가되고 있으며, 대상을 외해역까지 확장하면 50GW의 막대한 파력에너지 자원이 부존하고 있고, 이 중 연안해역에서 10%, 외해역에서 5% 내외가 가용 잠재력으로 평가되고 있다.

[0004] 특히, 동해안과 제주도를 비롯한 남해안은 상대적으로 높은 파력에너지 밀도를 보유하고 있어 파력발전 적지로 평가되며, 대표적인 제주도 연안 파력에너지 부존량은 1950MW에 달하여 5%의 개발만으로도 약 3만 5천가구의 전력수용의 충족이 가능한 것으로 평가되고 있다.

[0005] 이에 따라, 근래에는 연안해역에 적용가능한 파력발전 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0006] 이와 관련하여, 만 내 공진과 수로 내 공진을 이용하여 "복합공진을 이용한 파력발전 시스템"이 대한민국 공개특허 제10-2017-0046298호로 공개된 바 있으나, 만 내 공진과 수로 내 공진 만을 이용한 발전만으로는 발전량에 한계가 있어 이를 극복할 수 있는 방안 제시가 필요하다.

[0007] 또한, 기존 공개된 "복합공진을 이용한 시스템"보다 더 큰 공진효율을 가지는 구조를 개발하였으므로 이에 대한 구조를 제시하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2017-0046298호(공개일 2017.05.02.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 만 내 공진과 수로 내 공진을 복합적으로 이용하여 발전효율을 극대화시킬 수 있고, 기존 복합공진을 이용한 파력발전 시스템보다 발전효율을 더욱 증대시킬 수 있는 복합공진을 이용한 파력발전 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 한 쌍의 측벽 내에 형성되는 만; 상기 만과 연결되도록 형성되는 수평수로; 상기 수평수로에 연결되도록 형성되는 경사수로; 상기 경사수로의 출구와 연결되는 저수조; 및 상기 저수조와 연결된 내해수로에 마련되어 내해와 상기 저수조의 수위차에 의해 발전되는 수차;를 포함하고, 상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체 길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일하며, 상기 만 내에서 발생하는 공진은 상기 만의 길이에 의해 유도되는 것을 포함하고, 상기 만의 폭이 증가할수록 상기 만의 길이는 짧아지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 한 쌍의 측벽 내에 형성되는 만; 상기 만과 연결되도록 형성되는 수평수로; 상기 수평수로에 연결되도록 형성되는 경사수로; 상기 경사수로의 출구와 연결되는 저수조; 및 상기 저수조와 연결된 내해수로에 마련되어 내해와 상기 저수조의 수위차에 의해 발전되는 수차;를 포함하고, 상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체 길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일하며, 상기 만 내에서 발생하는 공진은 상기 만의 길이에 의해 유도되는 것을 포함하고, 상기 만의 수심이 상기 수평수로를 향한 방향을 따라 알아질수록 상기 만의 길이는 짧아지는 것을 특징으로 한다.

[0014] 하나의 실시예로, 상기 수평수로는 외해에서 유입되는 파랑의 파고의 2배이상 3배 미만의 위치에 설치되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 하나의 실시예로, 상기 저수조 상에는, 상기 저수조와 서로 공기가 소통할 수 있는 공기소통로가 형성된 발전부가 배치되고, 상기 공기소통로에는 풍력터빈이 설치되며, 상기 저수조와 상기 공기소통로를 통해 소통하는 공기의 이동에 의하여 상기 풍력터빈이 회전하여 발전이 가능하다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 상기 내해수로를 개폐하는 개폐부를 더 포함하고, 상기 개폐부는 상기 저수조 내에 설치된 가이드부; 상기 가이드부 내에서 왕복이동이 가능한 개폐판; 및 상기 개폐판과 연결된 부력체를 포함하고, 상기 저수조 내에 유입된 물에 의한 부력에 의하여 상기 개폐판이 상승하는 경우 상기 개폐부가 개방될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 상기와 같은 본 발명은 만 내에서 발생하는 공진과 외해수로 내에서 발생하는 공진을 결합하여 이용하기 때문에, 장주기파(long period wave, 長週期波)에 한정되지 않고 평상파(ordinary wave)를 이용해서도 발전될 수 있으며, 이에 따라, 날씨에 영향을 받지 않고 지속적으로 발전될 수 있다.

[0019] 본 발명은 기존에 알려진 1/4 파장보다 짧은 만의 길이에서 공진이 발생하여 만 내벽에서 증폭된 파고가 이론 값에 비해 2배 증폭하고, 더 나아가 만 내측으로 갈수록 수심을 알게 하여 만의 길이를 더욱 단축시키면서 파고의 증폭을 가중시켜 시설규모 최소화와 발전 효율의 최대화를 구현할 수 있다.

[0020] 본 발명은 공기소통로를 통한 공기의 유출입을 통해 추가적인 발전이 가능하므로 복합공진을 이용한 파력발전 시스템의 발전 효율을 증가시킬 수 있다.

- [0021] 본 발명은 개폐부를 통한 저수조의 수위 조절을 통해 수차를 통한 발전에 최적인 상태로 내해수로 내로 물을 공급할 수 있어 불규칙한 파랑이 유입되는 경우에도 더욱 효율적인 발전이 가능하다.
- [0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 기존에 설치된 방파제에 용이하게 설치 가능하므로 설치비용 및 유지관리비용이 저렴한 장점이 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 연안해역의 방파제에 용이하게 적용 가능하므로 지역 관광상품으로도 이용될 수 있는 장점이 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템은 수차의 발전용량이 최대가 되도록 유도하는 설계조건들에 의해 제작되므로, 발전효율이 극대화되는 장점이 있으며, 다양한 규모로 제작되어 연안해역의 방파제나 기타 구조물에 적용될 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템을 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템을 설명하기 위해 측면에서 바라본 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 만의 깊이를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 수평수로의 위치 결정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 발전부를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 개폐부를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7 내지 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템에 관련하여 만(B)의 길이(l_B), 만(B)의 폭(w_B) 및 만(B)의 수심(d_b) 변화에 따른 파고 증폭량을 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다.
- [0028] 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 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.
- [0029] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 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 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0031] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1구성요소는 제2구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2구성요소는 제1구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에

직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

- [0033] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [0034] 도 1 내지 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은, 외해에서 유입되는 파랑을 막는 방파제나 기타 구조물에 용이하게 적용될 수 있는 구조를 가지고 있으며, 파력발전의 문제점인 지속 발전력을 극대화 시키기 위하여 만 내에서 발생하는 공진과 외해수로 내에서 발생하는 공진을 복합적으로 이용하여 파력발전의 효율을 극대화할 수 있다.
- [0035] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 만(B)의 외벽(10), 만(B)을 형성하는 한 쌍의 측벽(11), 상기 한 쌍의 측벽(11)의 끝단부에 위치한 내벽(12)과 상기 내벽(12)에 형성된 외해수로(20)와, 상기 외해수로(20)와 연결되는 저수조(30) 및 상기 저수조(30)와 연결된 내해수로(40)에 마련되어 내해와 저수조(30)의 사이의 수위차에 의해 발전되는 수차(50)를 포함할 수 있다.
- [0036] 한 쌍의 측벽(11)은 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물 상에서 외해를 바라보는 방향에 마련되어 만(B, Bay)을 형성하고 만(B)에 인접한 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물이 만의 외벽(10)을 형성할 수 있다.
- [0037] 이때, 상기 한 쌍의 측벽(10)은 상기 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물에 인공적인 벽체를 설치하는 방식으로 마련될 수 있으며, 이에 한정되지 않고, 상기 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물을 자르거나 파쇄시키는 방식에 의해 형성될 수도 있다.
- [0038] 상기 한 쌍의 측벽(11)에 의해 형성되는 만(B) 내에서는 외해에서 상기 만(B)으로 유입되는 입사파(incident wave, 入射波)의 파장이 만(B)의 외벽(10), 측벽(11) 및 내벽(12)에 의한 만(B) 지형의 특정 길이 조건에서 공진이 발생할 수 있다.
- [0039] 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진은, 이론적으로 입사파의 1/4파장과 만(B)의 길이가 일치되었을 때 최대로 증폭될 수 있다.
- [0040] 따라서, 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진은 한 쌍의 측벽(11)에 의해 형성되는 길이에 의해 유도된다고 할 수 있다. 다시 말해, 만(B) 내에서 발생하는 공진은 한 쌍의 측벽(11)에 의해 형성되는 만(B)의 길이(l_B)에 의해 유도된다고 할 수 있다.
- [0041] 이와 관련하여 기존 공개된 특허에는 상기 만(B)의 길이 l_B 는 아래의 [수학식 1]에 의해 산출된다고 개시하고 있다.
- [0042] [수학식 1]
- [0043]
$$l_B = \lambda_0/4$$
- [0044] (여기서, λ_0 는 입사파의 파장이다)
- [0045] 그러나, 확장형 환경사 방정식을 사용한 파랑변형 실험을 통해 만(B)의 길이(l_B), 만(B)의 폭(w_B) 및 만(B)의 수심(d_0)을 변화시키는 실험을 수행한 결과, 만의 폭(w_B)이 커지면, 만(B)의 입구와 만(B)의 외벽(10)사이에 에너지 불연속성에 의한 회절로 인하여 파속이 짧아지는 현상이 발생하여 이론에서 밝혀진 1/4파장보다 더 짧은 길이(l_B)에서 공진 현상이 발생함을 확인하였다. 또한 공진 발생 시 증폭된 파고는 만(B)의 길이가 1/4파장일 때보다 2배 더 커지는 것을 확인하였다.
- [0046] 또한, 만(B)의 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 알아지도록 설정하면 수심이 일정한 경우 보다 짧은 만(B)의 길이(l_B)에서 공진 현상이 발생함을 확인하였다. 또한 수심이 알아지는 경우 천수 현상으로 파고가 증가하여 공진 발생 시 증폭된 파고는 수심이 일정한 경우 공진 시 파고보다 더 큰 것을 확인하였다. 도 3에서 d_0 는 만(B)의 입구의 수심이고, d_e 는 만(B)의 내벽(12)의 수심이다.

- [0047] 이러한 결과를 입증하기 위한 실험결과는 도 7 내지 도 9를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0048] 도 7 내지 도 9에서, $H_{\max}/H_0$ 는 만(B)에 유입하는 파랑이 만(B)의 내벽(12), 측벽(11), 외벽(10)에서 반사가 발생하는 동시에 만(B)의 입구에서 회절이 발생하여 변화된 만(B) 내벽(12)에서의 파고비이다. $H_{\max}$ 는 만(B) 내벽(12)에서 측정된 파고이고, H_0 는 만(B)으로 입사하는 파고이다. $l_B/(\lambda_0/4)$ 는 이론적으로 공진이 발생하는 1/4파장 대비 만의 길이(l_B)의 비로 이하 '기본값'이라고 칭하기로 한다.
- [0049] 또한, '-*- '표 그래프는 만(B)의 입구 수심이 d_0 이고, 만(B)의 내벽(12) 수심이 $d_e=0.5d_0$ 로 선형적으로 만(B) 내의 수심이 알아지는 경우에 대한 그래프이다. '-o-'표 그래프는 만(B) 입구 수심 d_0 와 만(B)의 출구 수심 d_e 가 동일하고 만(B) 내의 수심의 변화가 없는 경우에 대한 그래프이다.
- [0050] 도 7 내지 도 8은 파장(λ_0) 대비 수심(d_0)의 비인 상대수심이 $d_0/\lambda_0=0.025$ 인 천해수심이고, 만의 폭(w_B)이 1/4 파장의 20%인 경우에 해당한다. 도 9는 도 7보다 만의 폭(w_B)이 1.5배 큰 경우이다.
- [0051] 기존 이론 상으로는 만의 길이(l_B)가 파장(λ_0)의 1/4배일 때 공진 현상이 발생하여 만(B) 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭하며, 기본값이 1일 때(즉, 만(B)의 길이가 1/4 파장일 때) 만 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭해야 한다.
- [0052] 그러나, 도 7의 '-o-'표 그래프를 참조하면, 기본값이 약 0.85인 경우에 만(B) 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭하는 것을 확인할 수 있다. 이는 만(B)의 폭(w_B)이 1/4 파장의 20%인 경우, 1/4 파장보다 15% 더 짧은 만(B)의 길이(l_B)에서 만 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭한다는 것이다.
- [0053] 또한, 만(B)의 길이가 1/4 파장인 경우 증폭된 파고비가 약 7인데 비해 만(B)의 길이가 1/4파장보다 15% 더 짧은 만(B)의 길이에서 증폭된 파고비가 약 15이어서 이론적인 경우보다 2배 이상 더 파고의 증폭이 발생함을 확인할 수 있다.
- [0054] 또한, 도 7의 "-*- "표 그래프를 참조하면, 만 내벽에서의 수심(d_e)이 만(B) 입구에서의 수심(d_0)의 0.5배이고 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 알아지는 경우에는 기본값이 0.8인 경우에 만(B) 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭하는 것을 확인할 수 있다. 이는 만(B)의 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 0.5배까지 알아지면 1/4 파장보다 20% 더 짧은 만의 길이(l_B)에서 만(B) 내벽(12)에서의 파고가 최대 증폭한다는 것이다. 또한, 수심이 일정한 경우 최대 증폭된 파고비가 약 15인데 비해 수심이 0.5배로 알아지는 경우에 최대 증폭된 파고비는 약 17이다. 이는 수심이 일정한 경우에 비해 13% 이상 더 파고의 증폭이 발생함을 확인할 수 있다.
- [0055] 도 8은 도 7의 실험 환경에서 상대수심을 더 깊게 한 경우에 대한 실험결과이고, 도 8의 상대수심이 $d_0/\lambda_0=0.13$ 인 중간수심이다.
- [0056] 도 8을 참조하면, 상대수심이 깊은 경우에도 만(B)의 폭(w_B)이 1/4 파장의 20%인 조건에서 기본값 0.85에서 만(B) 내 파고가 최대 증폭하고, 만(B)의 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 알아지는 경우에도 기본값이 0.8인 경우에 만(B) 내 파고가 최대 증폭하는 것을 확인할 수 있다.
- [0057] 도 9는 도 7의 실험 환경에서 만(B)의 폭(w_B)의 크기만을 1.5배로 증가시킨 경우에 대한 실험결과이다. 도 9를 참조하면, 만의 폭(w_B)이 증가하면 기본값 0.8에서 최대 증폭이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 만(B)의 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 알아지는 경우에는 기본값이 0.75인 경우에 최대 증폭이 일어나는 것을 확인할 수 있다.
- [0058] 즉 이러한 결과들을 종합하면, 상대수심의 깊이와는 무관하게 만의 폭(w_B)이 커지면, 최대 공진현상을 일으킨다는 기존 이론보다 더 짧은 길이(l_B)에서 공진현상이 최대 증폭되는 것을 확인하였다. 또한, 만(B)의 수심이 외해수로(20) 방향을 따라 알아지도록 설정하면 최대 공진현상을 일으킨다는 기존 이론보다 더 짧은 길이(l_B)에서 공진현상이 최대 증폭될 수 있고, 이는 최대 공진현상이 일어날 수 있도록 결국 만(B)의 길이(l_B)를 줄일 수 있다는 것을 의미한다.
- [0059] 일 예로, 기본값이 0.7 내지 1 미만이 되도록 만(B)의 폭(w_b) 및/또는 만(B)의 수심(H_b)을 조절하면 최대 공진현

상이 일어날 수 있도록 할 수 있고, 이에 대응하게 만(B)의 길이(l_B)를 줄일 수 있다.

- [0060] 만(B)의 길이(l_B)를 줄이는 것은 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)의 크기를 줄일 수 있어 설치 비용을 절감할 수 있다. 또한, 이론적인 기본값에서의 공진 효과보다 2배 이상 파고의 증폭이 발생하여 기존 복합공진을 이용한 파력발전 시스템 보다 더 큰 공진효율을 보이므로 발전효율 역시 증가될 수 있다.
- [0061] 상기 외해수로(20)는, 전술한 바와 같이, 한 쌍의 측벽(11)을 연결하는 내벽(12)에 형성될 수 있다. 여기서, 내벽(11)은 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물에 의해 형성될 수 있다.
- [0062] 또한, 상기 외해수로(20)는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 해수면과 거의 평행하게 형성된 수평수로(21) 및 상기 수평수로(21)와 연결되어 상향 경사지게 형성된 경사수로(22)를 포함할 수 있다.
- [0063] 수평수로(21)는 해수면 아래에 배치되며, 그 입구는 만(B)과 연결되고, 출구는 경사수로(22)와 연결될 수 있다.
- [0064] 그리고, 경사수로(22)의 입구는 수평수로(21)의 입구와 연통 가능하게 연결되고 출구는 해수면 위에 배치되어 저수조(30)와 연결될 수 있다.
- [0065] 이에 따라, 만(B)을 통해 수평수로(21)의 입구로부터 유입되는 물은 경사수로(22)의 출구로 배출되어 저수조(30)로 넘어갈 수 있다. 즉, 외해수로(20)의 입구 및 출구는 수평수로(21)의 입구 및 경사수로(22)의 출구가 되며, 전술한 바와 같이, 수평수로(21)가 해수면 아래에 배치됨에 따라서, 외해수로(20)의 입구는 당연히 만(B) 내로 유입된 외해의 수면 아래에 배치되고 외해수로(20)의 출구는 외해수로(20)의 입구 위치보다 높은 위치에 배치될 수 있다.
- [0066] 따라서, 경사수로(22)는 측벽(10)이 배치된 방향에서 저수조(30)가 배치된 방향으로 갈수록 상향 경사지게 형성될 수 있다.
- [0067] 외해수로(20)는 만(B) 내로 유입된 입사파를 저수조(30)로 전달하는 역할을 하며, 이때, 외해수로(20) 내에서는 공진이 발생할 수 있다. 즉, 외해수로(20)는 내부에서 공진이 발생하는 수로이며, 전술한 바와 같이, 그 입구단은 해수면 아래에 위치하며 출구단은 해수면 위쪽에 위치하도록 형성될 수 있다. 여기서, 외해수로(20)의 길이는, 도 2에 도시된 바와 같이, 수평수로(21)의 길이와, 내부에 물이 존재하는 경사수로(22)의 길이의 합이다. 즉, 만(B)과 연결된 외해수로(20)의 입구에서부터 외해수로(20)에 유입된 물의 정지 수면까지의 거리이다.
- [0068] 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진은, 외해수로(20)의 입구로 유입되는 입사파의 주기와 외해수로(20)의 고유진동 주기에 의해 발생되며, 외해수로(20)의 고유진동 주기가 입사파의 주기와 같을 때 최대로 증폭될 수 있다.
- [0069] 즉, 외해에서 만(B) 내로 유입된 입사파는 외해수로(20)를 지나서 저수조(30)로 넘어간 후 상기 저수조(30)와 연결된 내해수로(40)로 유입되며, 이때, 내해수로(40)에 마련된 수차(50)는 내해와 저수조(30)의 수위차에 의해 발전될 수 있다.
- [0070] 여기서, 상기 입사파의 주기는 만(B) 내에서 발생하는 공진에 의해 증폭되기 때문에, 외해수로(20)의 입구로 유입되는 물의 양이 증가될 수 있다. 그리고, 외해수로(20)의 입구로 유입된 물은 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 외해수로(20) 내에서 최대 수위를 가지게 된다.
- [0071] 따라서, 외해수로(20)의 출구를 통해 저수조(30)로 유입되는 유량은 만(B) 내에서 발생하는 공진과 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 유도된다고 할 수 있다. 다시 말해, 수차(50)의 발전용량은 만(B) 내에서 발생하는 공진과 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 유도된다고 볼 수 있다. 이로 인해서, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 만(B) 내 공진과 경사수로(22) 내 공진의 곱에 해당하는 파력 발전 효율을 얻을 수 있다.
- [0072] 즉, 만(B)의 내벽(12)에서 공진이 발생하여 파고가 증폭되어 외해수로(20)로 들어가는 물의 양을 증가시키고 외해수로(20)를 지나는 물은 공진 발생시 수위가 최대가 되어 저수조(30)로 유입되는 물의 양이 최대가 될 수 있다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)의 수평수로(21)는 외해에서 유입되는 파랑의 파고의 2배이상 3배 미만의 위치에 설치되는 것이 바람직하다.
- [0074] 일 예로, 도 4에 도시된 바와 같이 파랑의 파고의 3배 미만의 위치는 수면으로부터의 깊이인 d_c 가 될 수 있고,

수면으로부터의 깊이 d_c 에 수평수로(21)의 중심이 배치되게 설치될 수 있다.

- [0075] 일반적으로 파랑의 입자속도는 수면에서 아래로 내려갈수록 감소하며, 수로 입구가 수면에서 아래로 내려갈수록 발전효율이 감소한다. 일 예로, 수평수로(21) 입구가 수면에 가까워지는 경우, 만(B)에서 1차 증폭된 파랑이 위 아래로 요동치면서 수평수로(21) 입구가 공기 중에 노출될 수 있고, 이로 인해 수평수로(21) 내부에 공기의 유입으로 인한 발전효율이 감소된다. 따라서, 이와 같은 현상을 방지하고 최적의 발전효율 달성을 위하여는 최적의 수평수로(21)의 입구 깊이 결정이 필요하며, 다양한 형상을 대상으로 실험을 수행한 결과 외해에서 유입되는 파랑의 파고의 2배이상 3배 미만의 아래에 수평수로(21)의 입구를 설치하는 경우 최적의 발전효율을 나타내는 것을 확인하였다.
- [0076] 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 추가적인 발전을 위하여 아래와 같은 구조를 더 포함할 수 있다.
- [0077] 일 예로, 저수조(30) 상에는 저수조(30)와 서로 공기가 소통할 수 있는 공기소통로(62)가 형성된 발전부(60)가 배치되고, 공기소통로(62)에는 풍력터빈(64)이 설치되며, 저수조(30)와 공기소통로(62)를 통해 소통하는 공기의 이동에 의하여 풍력터빈(64)이 회전하여 발전이 가능하다.
- [0078] 도 5를 참조하면, 유입되는 파랑에 의하여 저수조(30)에 수위가 올라가는 경우에는 저수조(30) 내의 공기가 공기소통로(62)를 통해 발전부(60)로 이동하게 되고, 공기소통로(62) 내의 풍력터빈(64)이 회전함으로써 발전이 가능하다. 발전부(40)를 통과한 공기는 흡배기통로(66)를 통해 외부로 배출된다.
- [0079] 이와 반대로, 저수조(30)의 수위가 내려가는 경우에는 저수조(30) 내로 외부의 공기가 흡배기통로(66)를 통해 유입되게 되고, 유입된 공기는 공기소통로(62) 내의 풍력터빈(64)이 회전함으로써 발전이 가능하다.
- [0080] 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 추가적인 발전을 위하여 개폐부(70)를 포함할 수 있다. 개폐부(70)는 내해수로(40)를 개폐하기 위한 구성이다.
- [0081] 일 예로, 개폐부(70)는 저수조(30) 내에 설치된 가이드부(72), 가이드부(72) 내에서 왕복이동이 가능한 개폐판(74) 및 개폐판(74)과 연결된 부력체(76)를 포함할 수 있다.
- [0082] 가이드부(72)는 부력체(76)와 개폐판(74)이 특정 위치를 따라 왕복이동 가능하도록 하는 구성이다. 일 예로 가이드부(72)는 레일로 구성될 수 있으며, 부력체(76)와 개폐판(74)은 레일과 연결된 상태로 왕복이동할 수 있다.
- [0083] 규칙적인 파랑이 유입되는 경우에는 월류량이 충분하여 발전에 문제가 없지만, 실패역의 불규칙한 파랑 특성상 지속적인 월류가 발생하지 않을 가능성이 있다.
- [0084] 월류량이 적어서 저수조(30) 수위가 낮을 때는 개폐판(74)이 내해수로(40)를 폐쇄하여 저수조(30)의 수위가 높아질 수 있도록 하며, 월류가 충분히 발생하여 저수조(30)의 수위가 상승하면 부력체(76)가 수위 상승에 맞게 올라감으로써 개폐판(74)이 내해수로(40)를 개방하게 되고 발전이 가능하게 된다. 이러한 구성을 통해 실패역의 불규칙한 파랑이 유입되는 경우에도 더욱 효율적인 발전이 가능하다.
- [0085] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 만(B) 내에서 발생하는 공진과 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진을 결합하여 이용하기 때문에, 장주기파(long period wave, 長週期波)에 한정되지 않고 평상파(ordinary wave)를 이용해서도 발전될 수 있으며, 이에 따라, 날씨에 영향을 받지 않고 지속적으로 발전될 수 있는 장점이 있다.
- [0086] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 이론상 알려진 1/4 파장보다 짧은 만(B)의 길이(l_B)를에서 공진이 발생하여 만(B) 내벽에서 증폭된 파고가 이론 값에 비해 2배 증폭하고, 더 나아가 만(B) 내측으로 갈수록 수심을 알게 하여 만(B)의 길이(l_B)를 더욱 단축시키면서 파고의 증폭을 가중시켜 시설규모 최소화와 발전 효율의 최대화를 구현할 수 있는 장점이 있다.
- [0087] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 기존에 설치된 방파제에 용이하게 설치 가능하므로 설치비용 및 유지관리비용이 저렴한 장점이 있다.
- [0088] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 연안해역의 방파제에 용이하게 적용 가능하므로 지역 관광상품으로도 이용될 수 있는 장점이 있다.
- [0089] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 수차의 발전용량이 최대가 되도록 유도하는 설계조건들에 의해 제작되므로, 발전효율이 극대화되는 장점이 있다.

며, 다양한 규모로 제작되어 연안해역의 방파제나 기타 구조물에 적용될 수 있는 장점이 있다.

[0090] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 시설규모 최소화와 발전효율 최대화를 구현한 복합공진 파력발전 시스템(100)은 방파제나 기타 파랑을 차단하는 구조물 상에서 방파제나 구조물의 길이방향을 따라 다수개로 배치되어 마련될 수도 있다.

[0091] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

[0092] 이상에서 본 발명에 따른 실시예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

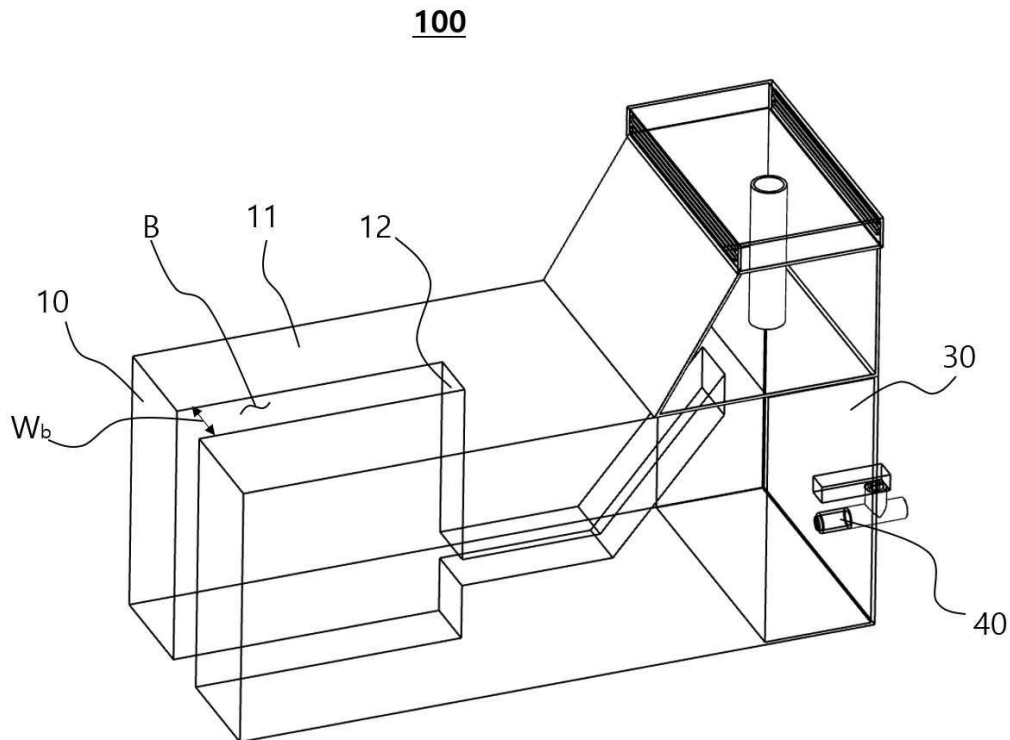
부호의 설명

[0094] 100: 복합공진을 이용한 파력발전 시스템

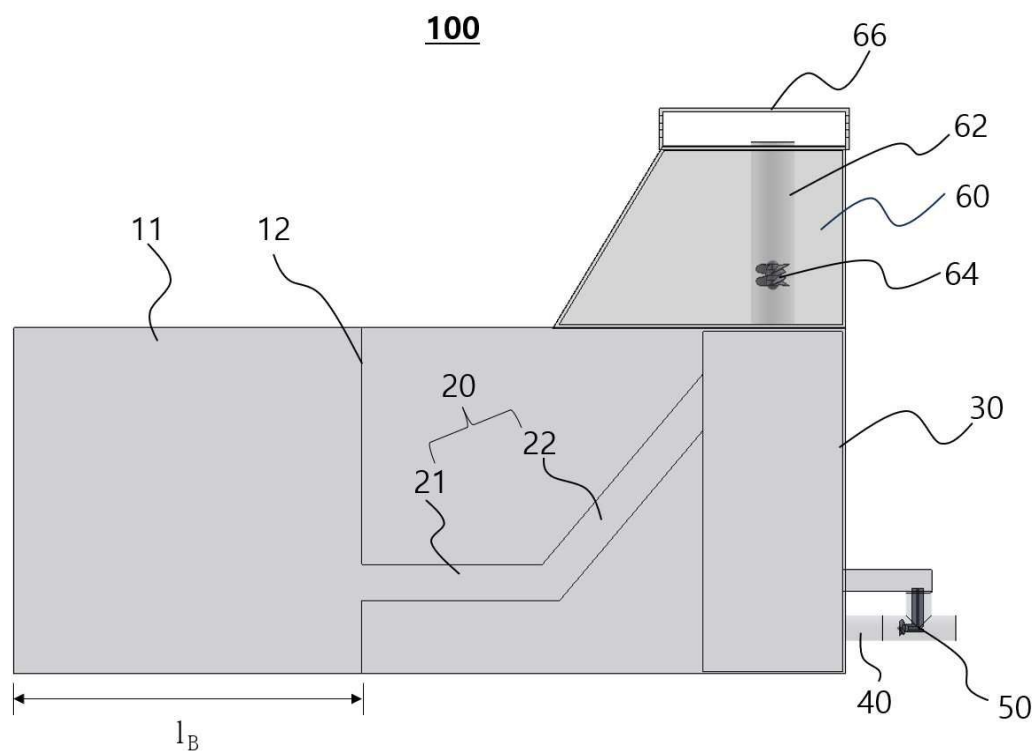
10: 측벽	11: 연결벽
20: 외해수로	30: 저수조
40: 내해수로	50: 수차
60: 발전부	70: 개폐부

도면

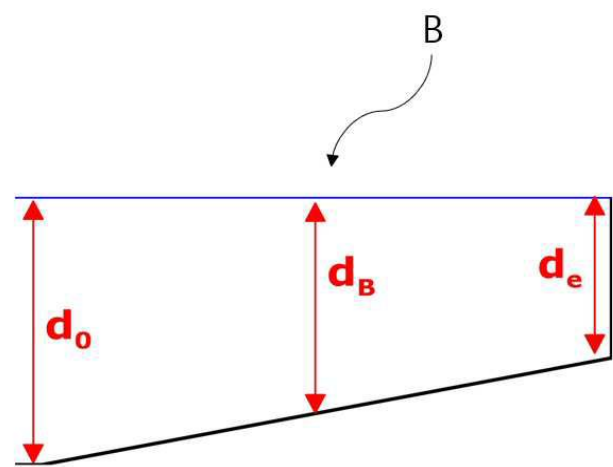
도면1



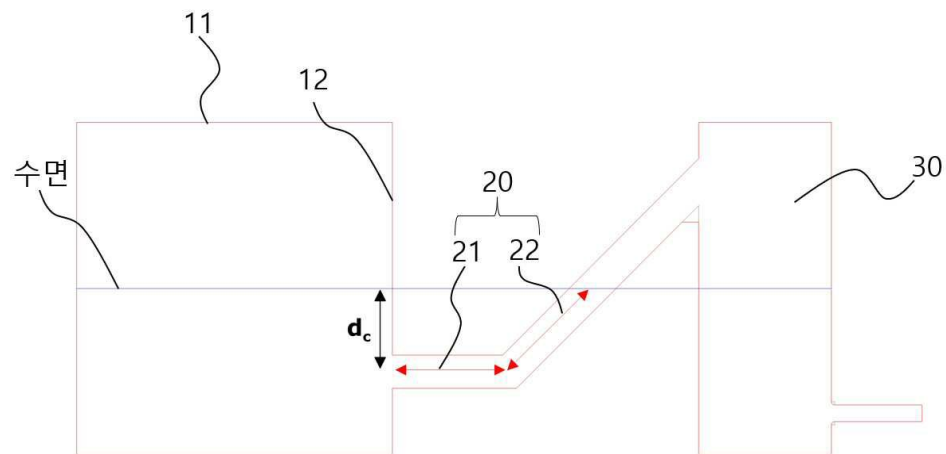
도면2



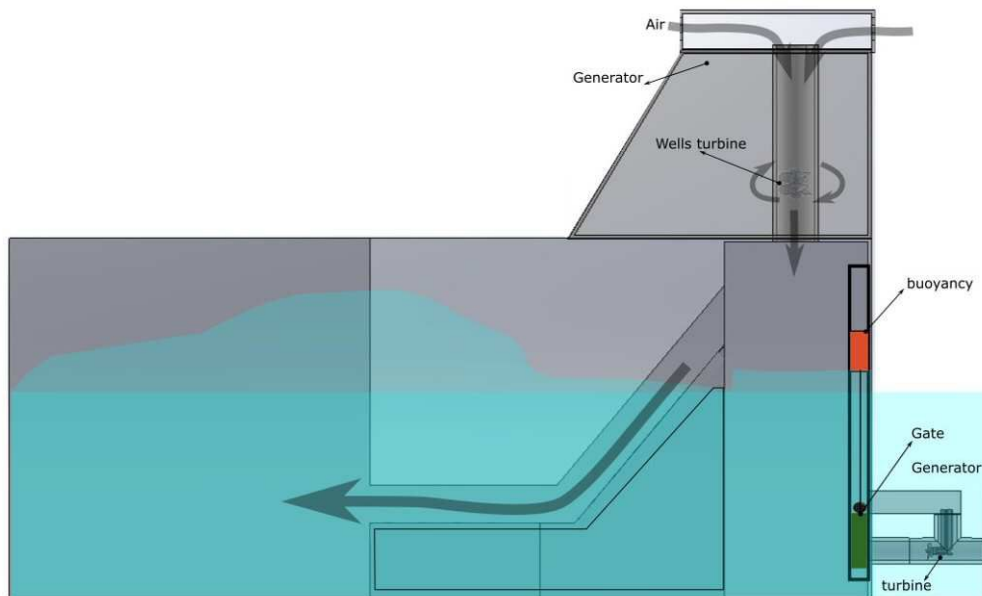
도면3



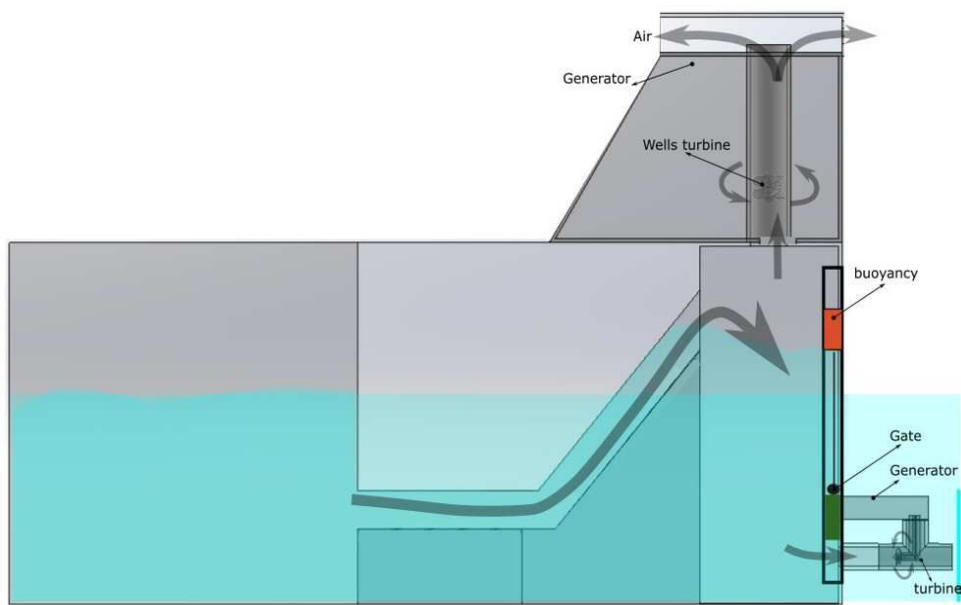
도면4



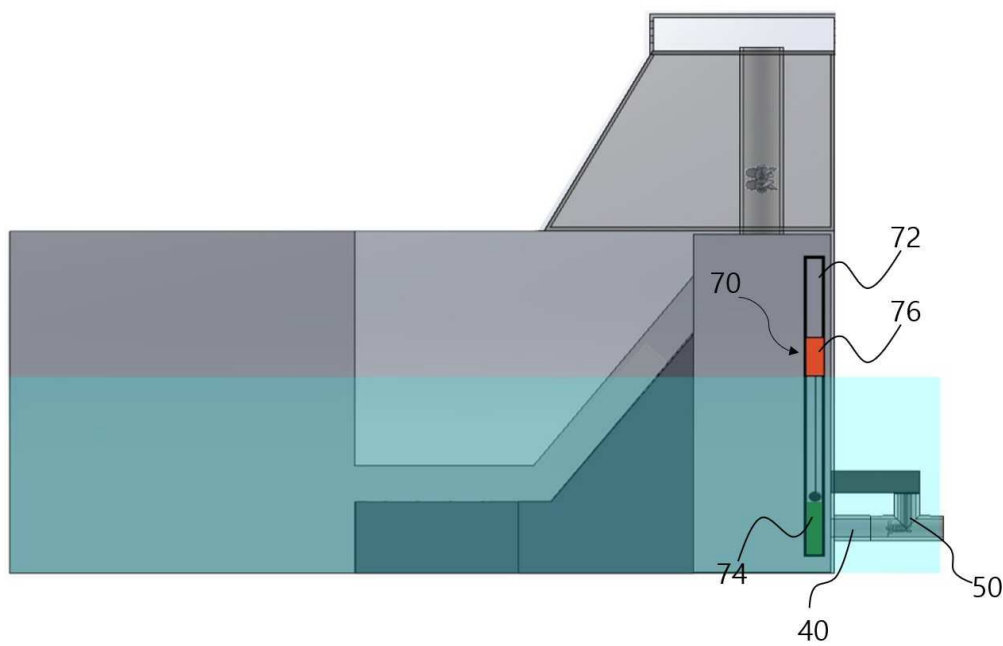
도면5a



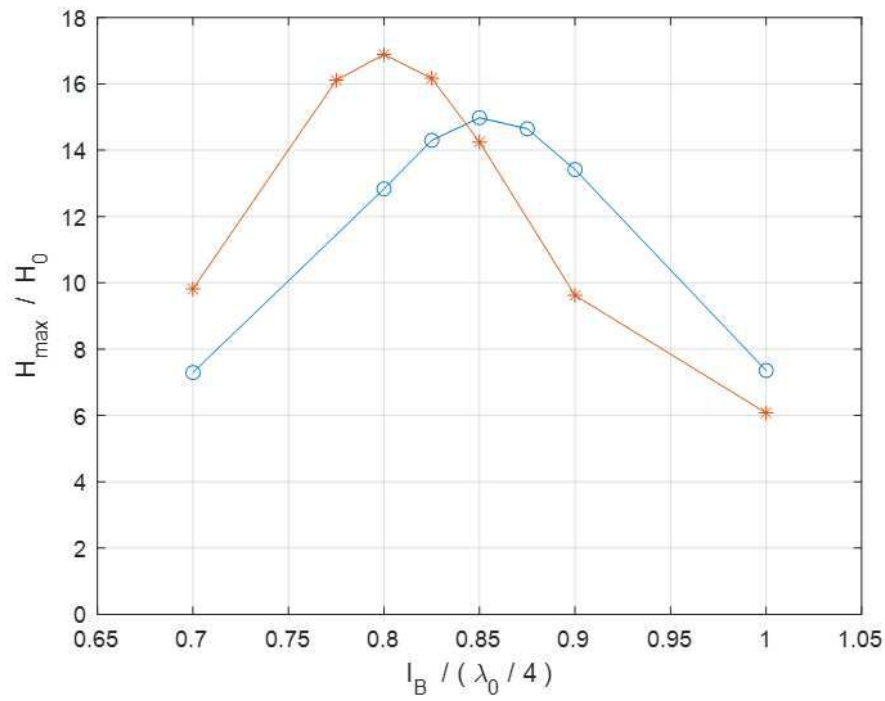
도면5b



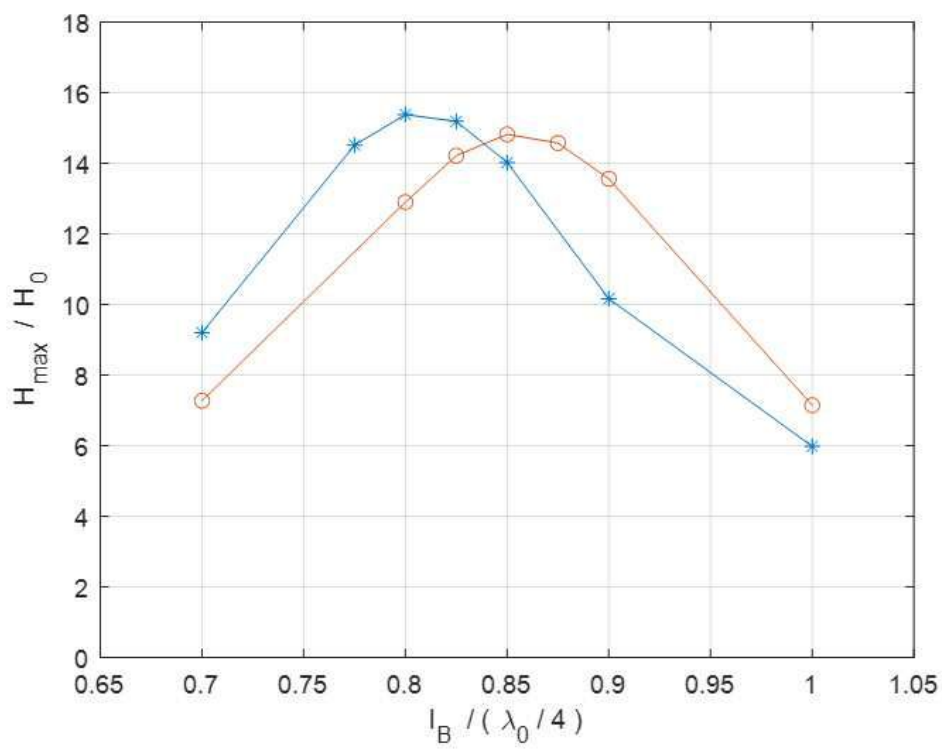
도면6



도면7



도면8



도면9

