



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월17일
(11) 등록번호 10-1879483
(24) 등록일자 2018년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E02B 9/08 (2006.01) E02B 9/02 (2006.01)
F03B 13/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
E02B 9/08 (2013.01)
E02B 9/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0146434
(22) 출원일자 2015년10월21일
심사청구일자 2015년10월21일
(65) 공개번호 10-2017-0046298
(43) 공개일자 2017년05월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR100748369 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이창훈
서울특별시 강동구 고덕로62길 76, 7동 507호 (명일동, 우성아파트)
이병욱
울산광역시 남구 변영로107번길 5, 303동 405호 (달동, 달동주공아파트)
(74) 대리인
유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 4 항

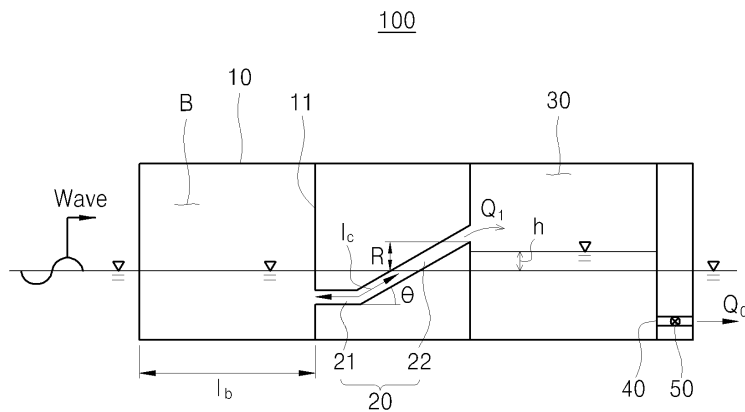
심사관 : 강진태

(54) 발명의 명칭 복합공진을 이용한 파력발전 시스템

(57) 요약

본 발명은, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로는, 파랑에 의한 만 내 공진과 수로 내 공진을 함께 이용하여 월파된 물과 외부와의 수위차로 발전을 유도하도록 구성된 파력발전 시스템에 관한 것이며, 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 수차를 포함하고, 상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일하게 형성될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F03B 13/06 (2013.01)
Y02E 10/28 (2013.01)
Y02E 10/38 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020020048771 A*
KR1020030050834 A*
KR1020010029247 A*
JP06116918 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2012R1A1A2043775
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 일반연구자지원사업
연구과제명 복합 공진을 이용한 고효율 파력발전 시스템 개발
기여율 1/1
주관기관 세종대학교 산학협력단
연구기간 2012.09.01 ~ 2015.08.31
공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

한 쌍의 측벽에 의해 외해 측으로 개방되게 형성되어 입사파가 외해로부터 유입되는 만;

상기 한 쌍의 측벽을 서로 연결시키도록 상기 만의 외해 측과 반대되는 내해 측에 형성된 연결벽;

상기 연결벽에 형성되고, 상기 만에 입구가 연결되어 상기 만 내의 상기 입사파가 유입되는 수평수로, 및 상기 수평수로의 출구에 입구가 연통 가능하게 연결되어 상기 수평수로 내의 상기 입사파가 유입되는 경사수로를 구비한 외해수로;

상기 경사수로의 출구와 연결되어 상기 외해수로 내의 상기 입사파가 저장되는 저수조; 및

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

상기 수평수로는 해수면 아래에 배치되고, 상기 경사수로는 해수면 아래에 입구가 배치됨과 아울러 해수면 위에 출구가 배치되도록 상기 저수조를 향해 상향 경사지게 형성되며,

상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체 길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합이며,

상기 입사파의 주기는 상기 만 내에서 발생하는 공진에 의해 증폭되어 상기 외해수로 중 상기 수평수로의 입구로 유입되는 물의 양이 증가되고, 상기 외해수로에 유입된 물은 상기 외해수로 내에서 발생하는 공진에 의해 상기 외해수로 내에서 최대 수위를 나타내어 상기 저수조로 유입되는 물의 양이 증가되며,

상기 수차는 상기 만 내의 공진과 상기 외해수로의 공진의 곱에 해당하는 파력 발전 효율을 제공하는 것을 특징으로 하는 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 만 내에서 발생하는 공진은, 상기 만에 유입되는 상기 입사파의 주기 및 상기 한 쌍의 측벽과 상기 연결벽의 고유진동 주기에 의해 발생되고, 상기 입사파의 주기와 상기 한 쌍의 측벽과 상기 연결벽의 고유진동 주기가 서로 같을 때 최대 증폭되며,

상기 외해수로 내에서 발생하는 공진은, 상기 외해수로에 유입되는 상기 입사파의 주기 및 상기 외해수로의 고유진동 주기에 의해 발생되고, 상기 입사파의 주기와 상기 외해수로의 고유진동 주기가 서로 같을 때 최대 증폭되는 것을 특징으로 하는 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 외해수로 내에서 발생하는 공진의 주기는 상기 외해수로의 길이 및 경사각에 의해 유도되며,

수학식 $T_r = 2\pi \sqrt{\frac{l_c}{g} \frac{1}{\sin\theta}}$ 에 의해 산출되며,

여기서, l_c 는 외해수로의 길이, 즉, 상기 만과 연결된 상기 외해수로의 입구에서부터 상기 외해수로에 유입된 물의 정지 수면까지의 거리이고, θ 는 상기 외해수로의 경사각, g 는 중력가속도인 것을 특징으로 하는 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 외해수로의 길이는,

상기 만 내로 유입된 입사파의 주기와 상기 외해수로의 공진주기와 같게 되도록 조정되거나 산출되며,

수학식 $l_c = g \sin\theta \left(\frac{T_r}{2\pi}\right)^2$ 에 의해 산출되며,

여기서, T_r 은 상기 외해수로의 수위가 최대가 되는 공진주기, θ 는 상기 외해수로의 경사각, g 는 중력가속도인 것을 특징으로 하는 복합공진을 이용한 파력발전 시스템.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 복합공진을 이용한 파력발전 시스템에 관한 것으로서, 구체적으로는, 파랑에 의한 만 내 공진과 수로 내 공진을 함께 이용하여 월파된 물과 외부와의 수위차로 발전을 유도하도록 구성된 파력발전 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 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.

[0003] 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 전

력수용의 증족이 가능한 것으로 평가되고 있다.

[0004] 이에 따라, 근래에는 연안해역에 적용가능한 파력발전 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 그러나 기존에 개발되었던 파력발전 시스템은 선진국에 비해서 효율성과 안전성 면에서 앞서지 않는 실정이다.

[0006] 예를 들면, 진동수주형 파력발전 시스템은 발전효율이 높은 반면에 지속적으로 발전을 할 수 없는 한계가 있다. 즉, 밀폐된 공간으로 파랑이 위 아래로 움직일 때 공간 내의 있는 공기의 운동에너지를 이용하여 발전하는 방식은 공기의 움직임이 항상 일정하지 않고 폭풍이 불어 닥칠 때 사용하지 못하여 지속적으로 발전되지 못하는 단점이 있다.

[0007] 또한, 월파형 파력발전 시스템은, 지속적으로 발전은 가능하지만 낙차가 크지 않은 한계가 있다.

[0008] 따라서, 본 출원인은, 만 내 공진과 수로 내 공진을 이용하여 발전효율을 극대화한 파력발전 시스템을 제안하게 되었으며, 이와 관련된 선행기술문헌으로는, 대한민국 공개특허 공개번호 10-2003-0050834호의 "방파제 내부 설치식 해류발전 시스템"이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 연안해역의 방파제 또는 항만 등에 쉽게 적용가능하며, 만 내 공진과 수로 내 공진을 복합적으로 이용하여 발전효율을 극대화시킬 수 있는 파력발전 시스템을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은, 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 수차를 포함하고, 상기 수평수로와 상기 경사수로 내부에서 공진이 발생하는 수로를 외해수로라 하며, 상기 외해수로의 길이는 상기 수평수로의 전체길이와 상기 경사수로의 정지수면까지의 길이의 합과 동일할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 수차의 발전용량은, 상기 만 내에서 발생하는 공진과 상기 외해수로 내에서 발생하는 공진에 의해 유도될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 수평수로는 해수면 아래쪽에 위치하고 상기 경사수로의 출구는 해수면의 위쪽에 위치하도록 형성될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 만 내에서 발생하는 공진은 상기 만의 길이에 의해 유도되는 것을 포함하며, 상기 만의 길이

$$l_b \text{ 는, 수학식 } l_b = \lambda/4 \text{ 에 의해 산출되며, 여기서 } \lambda \text{ 는 입사파의 파장이다.}$$

[0014] 또한, 상기 외해수로 내에서 발생하는 공진의 주기는, 상기 외해수로의 길이 및 경사각에 의해 유도되며, 수학

$$\text{식 } T_r = 2\pi \sqrt{\frac{l_c}{g} \frac{1}{\sin\theta}} \text{ 에 의해 산출되며, 여기서, } l_c \text{ 는 외해수로의 길이, 즉, 상기 만과 연결된 상기 외해수}$$

로의 입구에서부터 상기 외해수로에 유입된 물의 정지 수면까지의 거리이고, θ 는 상기 외해수로의 경사각, g 는 중력가속도이다.

[0015] 또한, 상기 외해수로의 길이는, 상기 만 내로 유입된 입사파의 주기와 상기 외해수로의 공진주기와 같게 되도록

$$\text{조정되거나 산출되며, 수학식 } l_c = g \sin\theta \left(\frac{T_r}{2\pi} \right)^2 \text{ 에 의해 산출되며, 여기서, } T_r \text{ 은 상기 외해수로의 수위가}$$

최대가 되는 공진주기, θ 는 상기 외해수로의 경사각, g 는 중력가속도이다.

[0016] 또한, 상기 외해수로의 출구를 통하여 상기 저수조로 유입되는 유량은, 수학적식 $Q_i = \frac{V_i}{T}$ 에 의해 산출되며, 여기서, T는 입사파의 주기, V_i 는 만 내로 하나의 파가 입사할 때 외해수를 통해서 저수조로 들어오는 물의 체적이다.

[0017] 또한, 상기 저수조에서 상기 내해수로로 유입되는 유량은, 수학적식 $Q_o = a\sqrt{2gh}$ 에 의해 산출되며, 여기서, a는 내해수로의 단면적, g는 중력가속도, h는 평균해수면 대비 저수조의 수위이다.

[0018] 또한, 상기 수차의 발전용량은, 수학적식 $E = \gamma Q_o h$ 에 의해 산출되며, 여기서, γ 는 물의 단위중량, h는 저수조의 수위이다.

[0019] 또한, 상기 내해수로의 단면적은 수학적식 $a = \frac{V_i}{T\sqrt{2gh}}$ 에 의해 산출되며, 여기서, T는 입사파의 주기, V_i 는 만 내로 하나의 파가 입사할 때 외해수를 통해서 저수조로 들어오는 물의 체적, g는 중력가속도, h는 저수조의 수위이다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 복합공진을 이용한 파력발전 시스템은, 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 발전 될 수 있으며, 이에 따라, 날씨에 영향을 받지 않고 지속적으로 발전될 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템은, 기존에 설치된 방파제에 용이하게 설치 가능하므로 설치비용 및 유지관리비용이 저렴한 장점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템은, 연안해역의 방파제에 용이하게 적용 가능하므로 지역 관광상품으로도 이용될 수 있는 장점이 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 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

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 파력발전 시스템의 사시도.
- 도 2는 도 1에 도시된 파력발전 시스템을 측면에서 바라본 단면도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 다른 파력발전 시스템이 연안해역의 방파제에 적용된 예를 보여주는 평면도.
- 도 4는 외해수로의 턱 높이에 따른 수차의 발전용량을 수치실험을 통해 비교 분석한 결과표.
- 도 5는 내해수로의 단면적을 결정한 상태에서 외해수로의 턱 높이에 따른 수차의 발전용량을 수치실험을 통해 비교 분석한 결과표.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0026] 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 파력발전 시스템의 사시도이고, 도 2는 도 1에 도시된 파력발전 시스템을 측면에서 바라본 단면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 파력발전 시스템이 연안해역의 방파제에 적용된 예를 보여주는 평면이고, 도 4는 외해수로의 턱 높이에 따른 수차의 발전용량을 수치실험을 통해 비교 분석한 결과표이고, 도 5는 내해수로의 단면적을 결정한 상태에서 외해수로의 턱 높이에 따른 수차의 발전용량을 수치실험을 통해 비교 분석한 결과표이다.
- [0028] 이하, 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템이 상세하게 설명된다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명은 발명의 요지를 모호하지 않게 하기 위하여 생략된다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템은, 외해에서 유입되는 파랑을 막는 방파제나 기타 구조물에 용이하게 적용될 수 있는 구조를 가지고 있으며, 파력발전의 문제점인 지속 발전력을 극대화시키기 위하여 만 내에서 발생하는 공진과 경사수로 내에서 발생하는 공진을 복합적으로 이용하여 파력발전의 효율을 극대화할 수 있다.
- [0030] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템(100)은, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 측벽(10) 내에 형성되는 만(B)과, 상기 한 쌍의 측벽(10)을 서로 연결하는 연결벽(11)에 형성되는 외해수로(20)와, 상기 외해수로(20)와 연결되는 저수조(30) 및 상기 저수조(30)와 연결된 내해수로(40)에 마련되어 내해와 저수조(30)의 수위차에 의해 발전되는 수차(50)를 포함할 수 있다. 도 1에서 도면부호 "12"는 외벽이다.
- [0031] 상기 한 쌍의 측벽(10)은 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물 상에서 외해를 바라보는 방향에 마련되어 만(B, Bay)을 형성시킬 수 있다. 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.
- [0032] 상기 한 쌍의 측벽(10)에 의해 형성되는 만(B) 내에서는 외해에서 상기 만(B)으로 유입되는 입사파(incident wave, 入射波)의 주기와 상기 한 쌍의 측벽(10) 및 상기 연결벽(11)의 고유진동 주기에 의해 공진이 발생될 수 있다.
- [0033] 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진은, 입사파의 주기와 한 쌍의 측벽(10) 및 연결벽(11)의 고유진동 주기가 일치되었을 때 최대로 증폭될 수 있다.
- [0034] 따라서, 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진은 상기 한 쌍의 측벽(10)에 의해 형성되는 길이에 의해 유도된다고 할 수 있다. 다시 말해, 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진은 상기 한 쌍의 측벽(10)에 의해 형성되는 상기 만(B)의 길이에 의해 유도된다고 할 수 있다.
- [0035] 이때, 상기 만(B)의 길이 l_b 는 아래의 [수학식 1]에 의해 산출되고,
- [0036] [수학식 1]
- [0037]
$$l_b = \lambda/4$$
- [0038] (여기서, λ 는 입사파의 파장이다)
- [0039] 상기 외해수로(20)는, 전술한 바와 같이, 상기 한 쌍의 측벽(10)을 연결하는 연결벽(11)에 형성될 수 있다. 여기서, 상기 연결벽(11)은 방파제나 외해를 차단하는 기타 구조물에 의해 형성될 수 있다.
- [0040] 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.
- [0041] 상기 수평수로(21)는 해수면 아래에 배치되며, 그 입구는 상기 만(B)과 연결되고, 출구는 상기 경사수로(22)와 연결될 수 있다.
- [0042] 그리고, 상기 경사수로(22)의 입구는 상기 수평수로(21)의 출구와 연통 가능하게 연결되고 출구는 해수면 위에 배치되어 상기 저수조(30)와 연결될 수 있다.

[0043] 이에 따라, 상기 수평수로(21)의 입구로부터 유입되는 만(B) 내로 유입된 물은 상기 경사수로(22)의 출구로 배출되어 상기 저수조(30)로 넘어갈 수 있다. 즉, 상기 외해수로(20)의 입구 및 출구는 상기 수평수로(21)의 입구 및 상기 경사수로(22)의 출구가 되며, 전술한 바와 같이, 상기 수평수로(21)가 해수면 아래에 배치됨에 따라서, 상기 외해수로(20)의 입구는 당연히 상기 만(B) 내로 유입된 외해의 수면 아래에 배치되고 상기 외해수로(20)의 출구는 상기 외해수로(20)의 입구 위치보다 높은 위치에 배치될 수 있다.

[0044] 따라서, 상기 경사수로(22)는 상기 측벽(10)이 배치된 방향에서 상기 저수조(30)가 배치된 방향으로 갈수록 상향 경사지게 형성될 수 있다.

[0045] 상기 외해수로(20)는 상기 만(B) 내로 유입된 입사파를 상기 저수조(30)로 전달하는 역할을 하며, 이때, 상기 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, 상기 수평수로(21)의 길이와, 내부에 물이 존재하는 상기 경사수로(22)의 길이의 합이다. 즉, 상기 만(B)과 연결된 상기 외해수로(20)의 입구에서부터 상기 외해수로(20)에 유입된 물의 정지 수면까지의 거리이다.

[0046] 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진은, 상기 외해수로(20)의 입구로 유입되는 입사파의 주기와 상기 외해수로(20)의 고유진동 주기에 의해 발생되며, 상기 외해수로(20)의 고유진동 주기가 입사파의 주기와 같을 때 최대 증폭될 수 있다.

[0047] 즉, 외해에서 상기 만(B) 내로 유입된 입사파는 상기 외해수로(20)를 지나서 상기 저수조(30)로 넘어간 후 상기 저수조(30)와 연결된 내해수로(40)로 유입되며, 이때, 상기 내해수로(40)에 마련된 수차(50)는 내해와 상기 저수조(30)의 수위차에 의해 발전 될 수 있다.

[0048] 여기서, 상기 입사파의 주기는 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진에 의해 증폭되기 때문에, 상기 외해수로(20)의 입구로 유입되는 물의 양이 증가될 수 있다. 그리고, 상기 외해수로(20)의 입구로 유입된 물은 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 상기 외해수로(20) 내에서 최대 수위를 가지게 된다.

[0049] 따라서, 상기 외해수로(20)의 출구를 통해 상기 저수조(30)로 유입되는 유량은 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진과 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 유도된다고 할 수 있다. 다시 말해, 상기 수차(50)의 발전용량은 상기 만(B) 내에서 발생하는 공진과 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진에 의해 유도된다고 볼 수 있다. 이로 인해서, 본 발명에 따른 파력발전시스템은 만(B) 내 공진과 경사수로(22) 내 공진의 곱에 해당하는 파력 발전 효율을 얻을 수 있다. 즉, 만(B)의 연결벽(11)에서 공진이 발생하여 진폭이 증폭되어 외해수로(20)로 들어가는 물의 양을 증가시키고 외해수로(20)를 지나가는 물은 공진 발생시 수위가 최대가 되어 저수조(30)로 유입되는 물의 양이 최대가 될 수 있다.

[0050] 이때, 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진의 주기 T_r 은, 상기 외해수로(20)의 길이 및 경사각에 의해 유도된다고 할 수 있으며, 아래의 [수학식 2]에 의해 산출될 수 있다.

[0051] [수학식 2]

[0052]
$$T_r = 2\pi \sqrt{\frac{l_c}{g} \frac{1}{\sin\theta}}$$

[0053] (여기서, l_c 는 외해수로(20)의 길이, 즉, 상기 만(B)과 연결된 상기 외해수로(20)의 입구에서부터 상기 외해수로(20)에 유입된 물의 정지 수면까지의 거리이고, θ 는 외해수로의 경사각, g 는 중력가속도이다.)

[0054] 그리고, 상기 [수학식 2]에 의해 외해수로(20)의 길이 l_c 는 아래의 [수학식 3]에 의해 산출될 수 있다.

[0055] [수학식 3]

[0056]
$$l_c = g \sin\theta \left(\frac{T_r}{2\pi} \right)^2$$

[0057] 여기서, 상기 외해수로(20)의 길이 l_c 는 만(B) 내로 유입된 입사파의 주기(T)와 상기 외해수로(20) 내에서 발생하는 공진주기 T_r 가 같게 되도록 조정되거나 산출될 수 있다.

[0058] 그리고, 상기 외해수로(20)의 출구를 통하여 상기 저수조(30)로 유입되는 유량 Q_i 은 아래의 [수학식 4]로 산출될 수 있다.

[0059] [수학식 4]

[0060]
$$Q_i = \frac{V_i}{T}$$

[0061] (여기서, T는 입사파의 주기, V_i 는 만(B) 내로 하나의 파가 입사할 때 외해수로(20)를 통해서 저수조(30)로 들어오는 물의 체적이다)

[0062] 그리고, 상기 저수조(30)에서 내해수로(40)로 유입되는 유량 Q_o 은 아래의 [수학식 5]으로 산출될 수 있다.

[0063] [수학식 5]

[0064]
$$Q_o = a\sqrt{2gh}$$

[0065] (여기서, a는 내해수로(40)의 단면적, g는 중력가속도, h는 평균해수면 대비 저수조(30)의 수위이다)

[0066] 그리고, 상기 내해수로(40)에 설치된 수차(50)의 발전용량 E는 아래의 [수학식 6]에 의해 산출될 수 있다.

[0067] [수학식 6]

[0068]
$$E = \gamma Q_o h$$

[0069] (여기서, γ 는 물의 단위중량, h는 저수조(30)의 수위이다)

[0070] 상기 내해수로(40)에 설치된 수차(50)의 발전용량이 최대가 되기 위해서는 $Q_o h$ 가 최대가 되어야 한다. 그리고 저수조(30)의 수위 h가 저수조(30)의 턱 높이 R과 같을 경우, 즉, 저수조(30)의 수위가 최대일 경우, 외해수로(20)에서 저수조(30)로 유입되는 유량 Q_i 와 저수조(30)로부터 내해수로(40)로 유입되는 유출유량 Q_o 가 같으면 상기 수차(50)가 최고의 효율을 가진 상태에서 지속적으로 발전될 수 있다.

[0071] 이때, 내해수로(40)의 단면적 a를 아래의 [수학식 7]에 의해 산출할 수 있다.

[0072] [수학식 7]

[0073]
$$a = \frac{V_i}{T\sqrt{2gh}}$$

[0074] (여기서, T는 입사파의 주기, V_i 는 만(B) 내로 하나의 파가 입사할 때 외해수로(20)를 통해서 저수조(30)로 들어오는 물의 체적, g는 중력가속도, h는 저수조(30)의 수위이다)

[0075] 도 4는 외해수로(20)의 턱 높이 R을 변경해가면서 저수조(30)로 유입되는 물의 체적 V_i 를 계산하여

$Q_1 \times R$ 로 표현되는 수차(50)의 발전용량을 수치실험을 통해 비교 분석한 결과표이다.

- [0076] 참고로, 상용프로그램인 FLOW-3D를 이용하여 수치실험을 수행하였고, 해석시간을 줄이기 위하여 대칭경계조건을 사용하였다. 그리고, 해석영역은 길이 2300cm, 폭 60cm, 높이는 50cm이고 수심은 20cm로 설정하였다. 파력발전 시스템은 조파경계로부터 10과장 떨어진, 즉, 1975cm 지점에 설치하였고, 격자수는 각각 2300개, 60개, 50개로 설정하였다.
- [0077] 수차(50)의 발전용량을 비교하기 위하여 외해수로(20)의 턱 높이 R을 H(입사파의 파고), 1.5H, 2H, 3H로 4가지 경우에 대해 수치실험을 수행하였다. 수치실험의 결과가 없으므로 내해수로(40)의 단면은 임의의 정사각형으로 설정하였고, a = 16cm로 설정하였다. 입사파의 주기 T = 1.5sec, 입사파의 파고 H = 4cm, 외해수로(20)의 경사각은 30도로 설정하였다. 즉, 도 4에 도시된 수치실험 결과표는 상기 4가지 경우에 따른 수차의 최대발전용량과 평균발전용량의 결과를 보여주며, 모형과 원형의 비가 1/50인 경우에 적용하였다.
- [0078] 도 4에 도시된 수치실험 결과표를 보면 저수조(30)의 턱 높이 R = H 일 때 발전용량이 가장 큰 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 동일한 해석시간 동안에 저수조(30)의 턱 높이가 낮을 수록 외해수로(20)를 통해 저수조(30)로 넘어가는 물의 양이 많기 때문이다. 즉, 저수조(30)의 수위가 해석종료시간에 가장 높게 되므로 동일한 내해수로(40)의 단면적으로 실험을 하면 발전용량은 당연히 R = H일때 가장 높게 나타난다. 그래서 저수조(30)의 수위가 저수조(30)의 턱 높이와 같을 경우(즉, R = h), 상기 [수학식 7]로부터 내해수로(40)의 단면적 a를 결정하여 수차의 발전용량을 다시 계산하였으며, 그 계산된 결과표가 도 5에 도시되어 있다.
- [0079] 도 5에 도시된 결과표를 보면, 도 4에 도시된 결과표와는 달리 저수조의 턱 높이 R = 2H 일 때 발전용량이 가장 큰 것을 확인할 수 있다. R = H인 경우가 약간 크게 나온 이유는 외해수로(20)에서 저수조(30)로 넘어간 물이 외해수로(20)로 역류를 하게 되어 물의 체적을 측정할 때 크게 계산되었기 때문이다. 각 경우에 계산된 내해수로(40)의 단면적을 살펴보면 초기에 임의로 설정한 단면적 a = 16cm²과는 많이 다른 것을 확인할 수가 있다.
- [0080] 그리고, 상기 [수학식 7]에 의해 산출된 내해수로(40)의 단면적을 수치실험에 적용하여 검증을 해보았다. 이때, 발전용량이 가장 큰 R = 2H인 경우에 예측되는 최대발전용량의 내해수로(40) 단면적을 이용하여 수치실험을 수행하였다. a = 6.4cm²인 정사각형 단면의 폭과 높이는 2.5cm로 설정하였다. 그리고 저수조(30)의 수위가 상승하는 정도를 확인하기 위해 파력발전 시스템을 조파경계로부터 약 20과장 떨어진(즉, 4000cm) 지점에 설치하였다.
 그 결과 저수조의 수위가 저수조의 턱 높이인 8cm까지는 상승하지는 않았지만 R \approx 7.1cm까지 상승하였다.
- [0081] 상기와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 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 발전 될 수 있으며, 이에 따라, 날씨에 영향을 받지 않고 지속적으로 발전될 수 있는 장점이 있다.
- [0082] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템(100)은, 기존에 설치된 방파제에 용이하게 설치 가능하므로 설치비용 및 유지관리비용이 저렴한 장점이 있다.
- [0083] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템(100)은, 연안해역의 방파제에 용이하게 적용 가능하므로 지역 관광상품으로도 이용될 수 있는 장점이 있다.
- [0084] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합공진을 이용한 파력발전 시스템(100)은, 수차의 발전용량이 최대가 되도록 유도하는 설계조건들에 의해 제작되므로, 발전효율이 극대화되는 장점이 있으며, 다양한 규모로 제작되어 연안해역의 방파제나 기타 구조물에 적용될 수 있는 장점이 있다.
- [0085] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [0086] 즉, 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 파력발전 시스템(100)은, 방파제나 기타 파랑을 차단하는 구조물 상에서 방파제나 구조물의 길이방향을 따라 다수개로 배치되어 마련될 수도 있다.
- [0087] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허 청구의 범위뿐 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

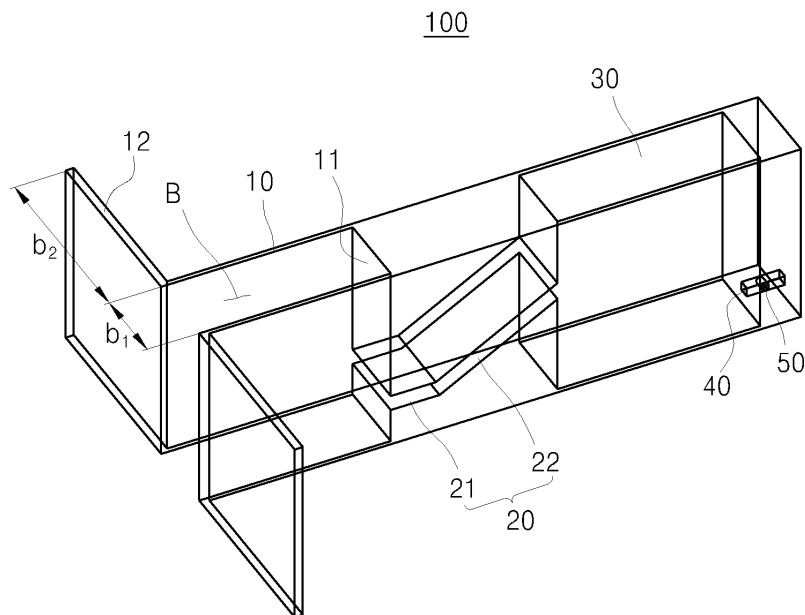
부호의 설명

- [0088] 100 : 파력발전 시스템

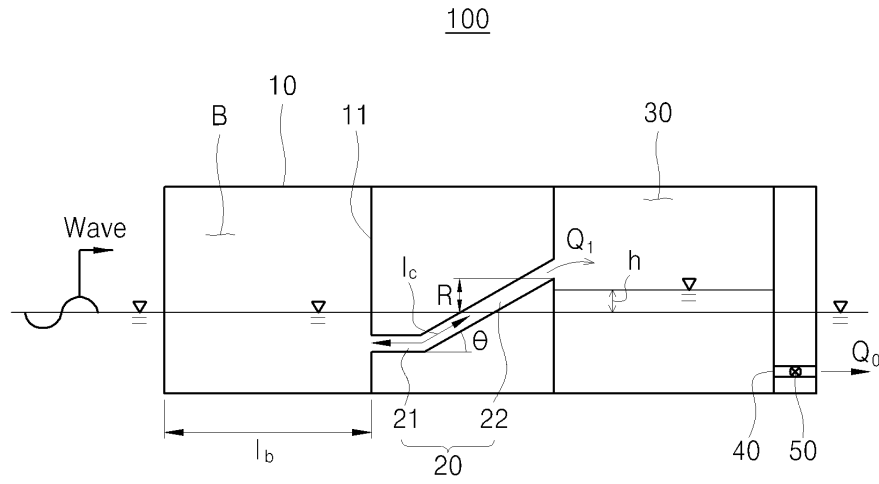
- 10 : 측벽
- 11 : 연결벽
- 12 : 외벽
- 20 : 외해수로
- 30 : 저수조
- 40 : 내해수로
- 50 : 수차
- B : 만

도면

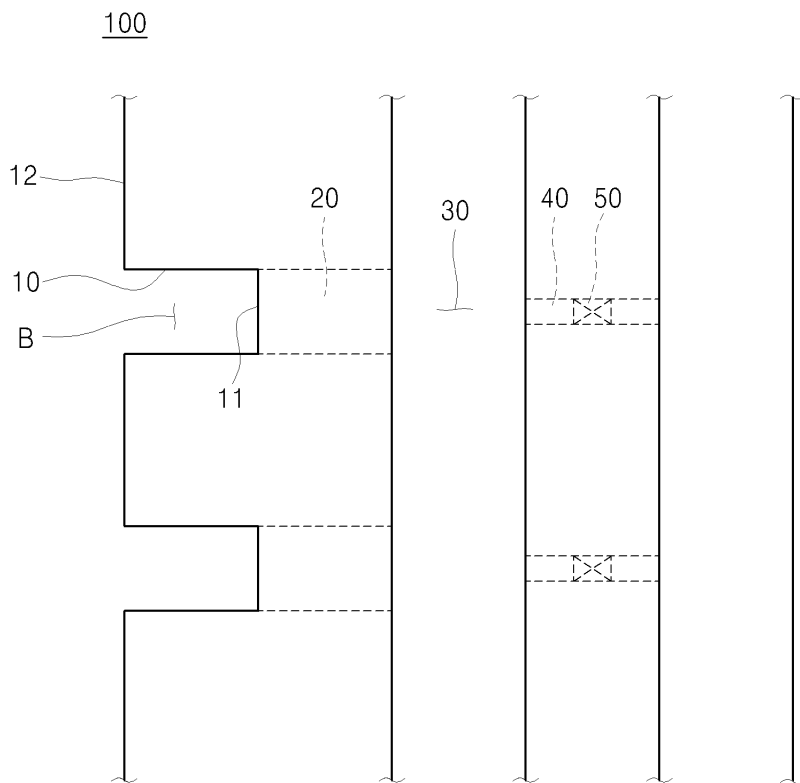
도면1



도면2



도면3



도면4

Case	R = H	R = 1.5H	R = 2H	R = 3H
최대발전용량(kw)	199	113	74	27
평균발전용량(kw)	138	59	43	6

(R : 외해수로의 턱 높이, H : 입사파의 파고)

도면5

Case	R = H	R = 1.5H	R = 2H	R = 3H
최대발전용량(kw)	539	550	559	427
평균발전용량(kw)	422	356	391	154
$a_{max} (cm^2)$	17.5	9.7	6.4	2.7
$a_{ave} (cm^2)$	13.7	6.3	4.5	1.0

(R : 외해수로의 턱 높이, H : 입사파의 파고, a : 내해수로의 단면적)