



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월11일

(11) 등록번호 10-2143265

(24) 등록일자 2020년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F03B 13/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F03B 13/181 (2013.01)

F03B 13/1845 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7022864

(22) 출원일자(국제) 2015년01월16일

심사청구일자 2019년09월04일

(85) 번역문제출일자 2016년08월22일

(65) 공개번호 10-2016-0128312

(43) 공개일자 2016년11월07일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2015/050794

(87) 국제공개번호 WO 2015/107158

국제공개일자 2015년07월23일

(30) 우선권주장

1400906.2 2014년01월20일 영국(GB)

(56) 선행기술조사문헌

JP52090750 X1

US04134023 A

US08629572 B1

(73) 특허권자

노르웨이전 유니버시티 오브 사이언스 앤드 테크놀로지(엔티엔유)

노르웨이 엔-7491 트론하임 쉼 셀란스베이 14 엔티엔유 테크놀로지 트랜스퍼 에이에스 내

(72) 발명자

토달쇼그, 조겐 할스

노르웨이 엔-1450 네소탕겐 라그베이엔 63

(74) 대리인

특허법인이룸리온

전체 청구항 수 : 총 28 항

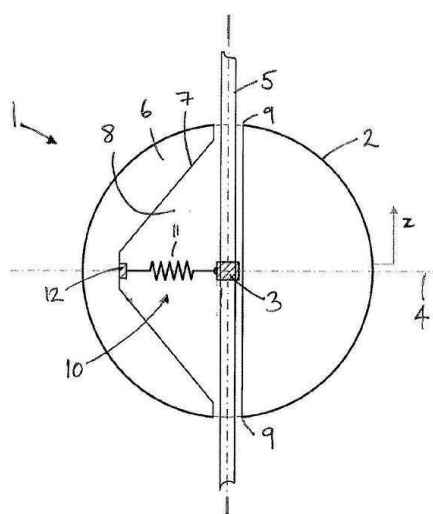
심사관 : 최진환

(54) 발명의 명칭 파력 발전기 및 이를 이용한 에너지 추출 방법

## (57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따르면, 평형 위치(4)에 대한 기준점(3)에 관해 진동하도록 배열되는 부표(2); 및 부표(2) 및 기준점(3) 사이에 연결되는 음의 스프링 디바이스(10)를 포함하되, 여기서 음의 스프링 디바이스(10)는 부표(2)가 평형 위치(4)로부터 떨어져 이동할 때 변위 방향으로 양의 힘을 인가하기 위한 것인, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기(1)를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*F05B 2260/502* (2013.01)

*Y02E 10/38* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

파랑(ocean waves)으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기로서,  
 평형 위치에 대한 기준점에 관해 진동하도록 배열되는 부표(buoy); 및  
 기계식 스프링으로 이루어지는 음의 스프링 디바이스(negative spring device)로 이루어지며,  
 상기 음의 스프링 디바이스는, 상기 부표 및 상기 기준점 사이에 연결되어 상기 부표가 상기 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 변위 방향으로 양의 힘을 인가하기 위한 것인, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,  
 상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표가 이의 평형 위치에 있을 때 상기 부표의 진동 운동 방향으로 어떤 힘도 제공하지 않도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,  
 상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표가 상기 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 변위에 따라 초기에 증가하는 힘을 제공하도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,  
 상기 음의 스프링 디바이스는 상기 평형 위치에서의 상기 부표의 총 강성이 상기 음의 스프링이 없는 상기 부표와 비교하여 감소되도록, 상기 부표가 사용되고 있을 때, 상기 부표의 유체 정역학적 강성에 대항하도록 작용하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,  
 상기 평형 위치에서의 상기 부표의 상기 총 강성은 상기 음의 스프링이 없는 상기 부표와 비교하여 적어도 5배로 감소되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 음의 스프링 디바이스가 그렇게 함으로써 상기 부표의 공진 대역폭을 증가시키기 위해, 사용시, 상기 부표의 유체 정역학적 강성에 대항하도록 작용하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 7

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,  
 임계 변위보다 큰 변위에서, 상기 음의 스프링 디바이스가 이의 평형 위치로부터 상기 부표의 상기 변위 방향과 반대 방향 성분을 갖는 힘을 제공하도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표의 상기 변위가 상기 임계 변위를 넘어 증가될 때 상기 부표의 상기 변위 방향과 상기 반대 방향의 상기 힘의 상기 성분이 증가되도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 9

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기계식 스프링은 코일 스프링(coil spring) 또는 가스 스프링(gas spring)인, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 10

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 음의 스프링 디바이스를 포함하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 다수의 음의 스프링 디바이스는 상기 평형 위치에서 이동 방향에 수직한 평면을 따라 상이한 방향으로 연장하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 다수의 음의 스프링 디바이스는 대칭적으로 배열되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 13

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각각의 음의 스프링 디바이스는 스프링들의 세트를 포함하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 스프링들의 세트는 상기 평형 위치에서, 상기 운동 방향에 수직 방향에 대해 대칭적으로 배열되고 상기 운동 방향 및 이에 대한 수직 방향과 동일한 평면에 놓이는, V-형의 각진 스프링들의 쌍을 포함하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 15

청구항 1에 있어서,

상기 기준점은 지지 부재 상에 제공되고, 상기 부표가 상기 지지 부재에 관해 진동하도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 부표는 병진/선형 운동 진동을 받도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 지지 부재는 상기 부표의 중심을 통과하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 지지 부재는 상기 부표의 선형 진동 방향으로 배향되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 19

청구항 15에 있어서,

상기 부표는 상기 부표의 외부에 있는 회전점에 대한 각 변위로 인해 회전 진동을 받도록 구성되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 20

청구항 15 내지 19 중 어느 한 항에 있어서,

상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표의 중심 및 상기 기준점 사이에 결합되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 21

청구항 19에 있어서,

상기 기준점은 상기 평형 위치 및 상기 회전점을 연결하는 라인을 따라 임의의 위치에, 또는 이에 근접하게 있는, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기.

#### 청구항 22

파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법으로서,

부표가 파동으로 인해, 기준점에 관한 평형 위치에 대해 진동하게 하는 단계; 및

기계식 스프링으로 이루어지는 음의 스프링 디바이스를 사용하여 상기 부표가 상기 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 상기 부표 및 상기 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계;를 포함하되,

상기 양의 힘은 상기 부표 및 상기 평형 위치 간 변위 방향인, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

#### 청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 변위가 임계 변위보다 클 때, 상기 부표 및 이의 평형 위치 간 상기 변위 방향과 반대 방향으로 상기 부표 및 상기 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계;를 포함하는, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

#### 청구항 24

청구항 22에 있어서,

상기 음의 스프링 디바이스는 상기 평형 위치에서의 상기 부표의 총 강성이 상기 음의 스프링이 없는 상기 부표와 비교하여 감소되도록 상기 부표의 유체 정역학적 강성에 대항하기 위해 사용되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

#### 청구항 25

청구항 24에 있어서,

상기 평형 위치에서의 상기 부표의 상기 총 강성은 상기 음의 스프링이 없는 상기 부표와 비교하여 적어도 5배로 감소되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

## 청구항 26

청구항 22 내지 25 중 어느 한 항에 있어서,

상기 음의 스프링 디바이스가 그렇게 함으로써 상기 부표의 공진 대역폭을 증가시키기 위해 상기 부표의 상기 유체 정역학적 강성에 대항하도록 사용되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

## 청구항 27

청구항 22 내지 25 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부표 및 상기 기준점 간 상기 힘은 청구항 1에 따른 파력 발전기의 음의 스프링 디바이스에 의해 제공되는, 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법.

## 청구항 28

청구항 22 내지 25 중 어느 한 항의 방법에 사용하기 위한 파력 발전기로서, 기계식 스프링으로 이루어지는 음의 스프링 디바이스에 의해 기준점에 연결되는 부표를 포함하는, 파력 발전기.

## 청구항 29

삭제

## 청구항 30

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력 발전기, 및 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법에 관한 것이다. 추출된 에너지는 예를 들어 전력을 생산하기 위해 사용될 수 있다.

### 배경 기술

[0002] 물을 이용한 에너지 전달에 있어서, 에너지는 파랑(ocean waves)에 의해 수송된다. 낮은 탄소 발자국을 갖는 에너지원들을 추구하는 것에 있어서, 파랑을 에너지의 유용한 형태들, 이를테면 전기로 변환하기 위한 많은 작업이 존재해 왔다. 그러한 작업 중 한 분야는 소위 점 흡수기(point absorber)들에 초점이 맞춰진다. 점 흡수기들은 사실상 입사 파랑으로 인해 변위가 발생하는 해표면에 떠 있는 각각의 부표들이다. 이러한 변위는 파 에너지를 에너지의 유용한 형태들로 변환하는데 사용될 수 있다. 그러한 점 흡수기의 예가 WO 99/22137에 기재되어 있다.

[0003] 또한, 파 에너지 변환의 분야에는 초기 인장된 부표들을 사용하는 것이 알려져 있다. 부표의 초기 인장(예를 들어 이를 고유의 부유 깊이보다 깊은 깊이에 잠기게 함으로써)은 진동 시스템에 음의 질량(negative mass)을 제공하는 효과를 얻고, 그로 인해 부표의 관성을 효과적으로 감소시키며, 입사파들에 대한 이의 응답(또는 반응)을 증가시킨다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 신뢰성 및 내구성을 보장하는 것과 함께, 전력 흡수에 충분한 대역폭을 달성하는 파력 발전기를 제공할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 제1 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 평형 위치에 대한 기준점에 관해 진동하도록 배열되는 부표; 및 상기 부표 및 상기 기준점 사이에 연결되는 음의 스프링 디바이스를 포함하되, 상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표가 상기 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 변위 방향으로 양의 힘을 인가하기 위한 것인, 파랑으로부터

에너지를 추출하기 위한 파 에너지 변환기(이하, 파력 발전기)를 제공한다.

[0006] 제2 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법으로서, 부표가 파동으로 인해, 기준점에 관한 평형 위치에 대해 진동하게 하는 단계; 및 음의 스프링 디바이스를 사용하여, 부표가 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 부표 및 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계를 포함하고, 양의 힘은 부표 및 평형 위치 간 변위 방향인, 방법을 제공한다.

[0007] 제3 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법으로서, 부표가 파동으로 인해, 기준점에 관한 평형 위치에 대해 진동하게 하는 단계; 및 부표 및 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계를 포함하고, 양의 힘은 부표 및 평형 위치 간 변위 방향인, 방법을 제공한다.

[0008] 제4 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 이전에 설명된 방법에 사용하기 위한 파력 발전기로서, 음의 스프링 디바이스에 의해 기준점에 연결되는 부표를 포함하는, 파력 발전기를 제공한다. 이러한 파력 발전기는 본 발명의 제1 측면과 관련되어 위에서 설명된 특징부들 중 임의의 특징부 또는 모든 특징부를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0009] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 음의 스프링 디바이스를 포함하는 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력발전기를 제공함으로써, 시스템에 의하여 전달될 수 있는 에너지를 크게 향상시킬 수 있다.

[0010] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 음의 스프링 디바이스를 포함하는 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파력발전기를 제공함으로써, 알려진 설계들과 비교하여 평균 전력의 출력을 크게 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 특정한 바람직한 실시예들이 이제 단지 예로서 그리고 다음 첨부 도면들을 참조하여 설명될 것이다:

도 1, 도 4 및 도 7은 본 발명에 따른 파력 발전기의 상이한 실시예들을 도시한다.

도 2, 도 3, 도 5, 도 6, 도 8 및 도 9는 도 1, 도 4 및 도 7의 파력 발전기들의 변위의 함수로서 다양한 힘/토크를 도시하는 그래프들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 제1 측면에서 보면, 본 발명의 일 실시예에 따르면 평형 위치에 대한 기준점에 관해 진동하도록 배열되는 부표; 및 상기 부표 및 상기 기준점 사이에 연결되는 음의 스프링 디바이스(negative spring device)를 포함하되, 상기 음의 스프링 디바이스는 상기 부표가 상기 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 변위 방향으로 양의 힘을 인가하기 위한 것인, 파랑으로부터 에너지를 추출하기 위한 파 에너지(또는 파력) 변환기(이하, 파력 발전기)를 제공한다.

[0013] 음의 스프링을 사용함으로써, 부표의 움직임의 범위를 증가시키는 것이 가능한데, 이는 음의 스프링 효과가 예를 들어 부력 및 중력 간 평형으로 인한, 부표의 유체 정역학적 강성 및 진동에 대한 부표의 고유 저항에 대항할 것이기 때문이다. 음의 스프링을 사용하면, 부표는 소정 범위의 움직임에 대해 매우 낮은 겉보기 강성을 가지도록 이루어질 수 있으며, 이는 그것이 종래 기술의 부표들에 영향을 미쳤을 것보다 큰 범위의 주파수에 걸쳐 파동(wave motion)들에 의해 가진될 때 종래 기술의 부표들보다 보다 큰 진폭의 움직임으로 진동하도록 설계될 수 있다(즉 부표를 공진하게 할 파 주파수의 대역폭이 증가된다)는 것을 의미한다. 이의 결과는 위에서 설명된 바와 같이 음의 스프링을 갖는 부표가 보다 큰 범위의 파 주파수에 걸쳐 에너지 변환원으로서 보다 용이하게 그리고 보다 효과적으로 사용될 수 있다. 음의 스프링의 사용이 상하동요하는 부표 시스템(a heaving buoy system)에 전달되는 에너지의 적어도 100%의 증가를 제공할 수 있다는 것을 발견하였다. 즉, 음의 스프링을 갖는 상하동요하는 부표 및 표준의 상하동요하는 부표(음의 스프링을 갖지 않는)를 실험 비교시, 평균 전력 출력은 표준 시스템과 비교하여 적어도 두 배이다. 부표에 대한 보다 큰 범위의 움직임은 또한 에너지 변환을 위한 다른 디바이스들, 예를 들어 기계식 또는 전기-기계식 디바이스들에 부표를 결합하는 것을 단순화할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면 초기 인장된 부표에 대해, 또는 초기 인장되지 않은 부표에 대해 사용될 수 있다. 그러나, 초기 인장된 부표를 사용하는 것이 입사파들에 대한 부표의 반응을 더 증가시킬 수 있다.

[0014] 파 에너지 변환과 관련된 입사 파랑은 전형적으로 4초 내지 14초 범위의 파 주기를 갖고, 전형적으로 5m까지의 파고, 그리고 몇몇 극단적인 상황에서는 10m 이상까지의 파고를 갖는다.

- [0015] 평형 위치(부표의 평형 위치)는, 진동에 있어서 부표가 받는 복원력/가속이 없는 위치이다. 이 위치는 전형적으로 어떠한 파 에너지도 존재하지 않을 때, 즉 휴지기에 있을 때, 그리고 음의 스프링 디바이스로부터 유발될 수 있는 어떠한 효과도 없이, 부표가 기준점에 관해 있을 위치이다. 부표는 해표면 상에 떠 있을 수 있고, 부분적으로 잠기거나, 또는 전체가 잠길 수 있다.
- [0016] 기준점은 이에 대해 부표가 진동하는 지점이다. 음의 스프링 디바이스는 부표가 기준점에 관해 이동할 때 스프링 디바이스가 에너지를 방출 또는 저장한다는 점에서 부표 및 기준점 사이에 결합된다. 기준점은 고정된 지점일 수 있다. 기준점은 해저에 관해, 또는 구조물, 예를 들어 부표보다 상당히 적은 운동을 받는 구조물에 관해 고정될 수 있다. 그러한 구조물은 부두 또는 부유하는/잠긴/부분적으로 잠긴 대형 구조물(즉 부유하는 부표보다 상당히 더 큰 구조물)일 수 있다. 구조물은 부표가 구조물에 관해 입사파 에너지로 인해 진동할 수 있도록, 부표와 동일한 주파수에서 입사파 에너지로 인해 크게 진동하지 않아야 한다. 고정된 지점이 해저에 연결될 때 그것은 완전히 고정된 지점으로 여겨질 수 있다.
- [0017] 진동은 선형 운동 진동, 또는 회전 진동, 또는 둘의 조합일 수 있다. 전체 운동은 몇몇 병진(translatory) 및/또는 진동 운동(oscillatory motion)의 중첩일 수 있다. 유사하게, 스프링 디바이스는 선형 및/또는 진동 운동이 존재할 때 에너지를 방출 또는 저장하는 스프링 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 나선형 스프링, 벌류트 스프링(volute spring) 또는 가스 피스톤 스프링(gas piston spring)은 선형 운동에 의해 압축되고 그것들이 확장될 때 방출되는 에너지를 저장할 수 있다. 나선형 비틀림 스프링 또는 비틀림 바는 회전 운동을 받을 때 변형되어 에너지를 저장할 것이다.
- [0018] 음의 스프링 디바이스는 부표가 이의 평형 위치로부터 변위될 때 부표의 변위 방향으로 힘을 생성할 수 있는 스프링 디바이스일 수 있다. 음의 스프링 디바이스는 부표가 이의 평형 위치에 있을 때 부표의 진동 운동 방향으로 어떠한 힘도 제공하지 않을 수 있다. 부표의 변위 방향으로 음의 스프링 디바이스에 의해 제공되는 힘의 크기는 부표가 이의 평형 위치로부터 떨어져 이동함에 따라 변경될 수 있다. 이러한 힘의 변화는 시스템의 기하학적 구조로 인할 수 있다. 이러한 힘의 변화는 부표가 이의 평형 위치로부터 변위될 때 작용하기 시작할 수 있다. 음의 스프링 디바이스에 의해 생성된 힘은 진동의 변위 방향을 따라 부표를 푸시하도록 작용할 수 있다. 음의 스프링 디바이스를 주의하여 설계함으로써, 스프링으로부터의 힘을 시스템에서의 다른 힘, 예를 들어 부표의 부력 및 중력으로 인한 힘과 매칭하는 것이 가능해진다. 하나의 예시적인 배열(또는 배열체, arrangement)에서, 음의 스프링은 부표가 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 변위에 따라 초기에 증가하는 힘을 제공할 수 있다.
- [0019] 음의 스프링 디바이스는 부표가 이의 평형 위치에 있을 때 압축 상태로 있음으로써 그리고 부표가 평형 위치로부터 변위될 때 확장하게 됨으로써 그러한 힘을 제공할 수 있다. 음의 스프링은 부표가 이의 평형 위치에 있을 때 최대 압축 상태에 있을 수 있다, 예를 들어 선형 스프링에 대해 음의 스프링은 부표에 연결되는 지점 및 기준점 간 거리가 부표가 이의 평형 위치에 있을 때 최소일 수 있다. 음의 스프링 디바이스는 부표가 이의 평형 위치로부터 변위됨에 따라 고정된 지점에 관해 부표를 푸시함으로써 작용할 수 있다.
- [0020] 음의 스프링 디바이스는 부표의 유체 정역학적 강성에 반하여 작용하는 음의 강성을 제공하도록 구성될 수 있다. 음의 스프링 디바이스는 평형점 주위에 (음의 스프링이 없는) 유체 정역학적 강성보다 적은 총 강성을 초래할 수 있다. 유체 정역학적 강성은 전형적으로 부표 시스템의 다른 속성들에 따라, 약 5, 또는 그 이상의 배수로 감소될 수 있다. 유체 정역학적 강성은 10 또는 그 이상의 배수로 감소될 수 있다. 강성은 이러한 방식으로 평형점 주위에서 주어진 범위의 움직임에 대해 감소될 수 있다. 선형 운동 진동자에 대해, 강성은 약  $\pm 1$  m 내지 5 m의 변위에 걸쳐 실질적으로 감소될 수 있다. 강성은 부표의 유효 행정(available stroke)을 통해 감소될 수 있다. 회전식 진동자에 대해, 강성은 전형적으로 약  $\pm 0.1$  rad 내지 0.5 rad의 변위에 걸쳐 실질적으로 감소될 수 있다. 평형점 주위가 아닌 변위에 대해서는, 시스템의 강성이 증가하게 될 수 있다.
- [0021] 평형점 주위 강성의 감소는 크게 감소되어 존재하는 전체 복원력으로 이어진다. 강성의 감소는 진동하는 부표의 증가된 대역폭으로 이어지며, 이는 보다 넓은 범위의 입사파 주파수에 걸쳐 보다 큰 진폭의 부표의 진동으로 이어진다. 이는 파력 발전기의 효율을 증가시키는데, 이는 보다 많은 파 에너지가 보다 넓은 범위의 파 주파수에 걸쳐 변환되게 하기 때문이다.
- [0022] 유체 정역학적 강성( $\rho$ )은 부표가 받는 복원력 및 이의 평형점으로부터의 부표 변위 간 비례 계수(또는 상수)이다. 그것은 단지 상당한 상하동요 운동으로 인해 부분적으로 잠긴 시스템 및 평균 해수면에 근접한 축에 대해 회전하는 임의의 시스템의 진동과 관련된 개념이다. 유체 정역학적 강성은 표준 질량/스프링 기계식 진동



자의 스프링 상수( $k$ )와 유사한 것이다. 선형 운동 진동자에 대해, 유체 정역학적 강성( $\ell$ )은 대략적으로 관계식( $S = \frac{F}{z}$ )에 의한 복원력에 관한 것이며, 상기 식에서  $F$ 는 복원력이고  $z$ 는 평형으로부터의 변위이다. 회전식 진동자에 대해, 유체 정역학적 강성은 대략적으로 관계식( $S = \frac{\tau}{\theta}$ )에 의한 복원력에 관한 것이며, 상기 식에서  $\tau$ 는 복원 토크이고  $\theta$ 는 평형으로부터의 각 변위이다. 따라서, 유체 정역학적 강성을 감소시키는 것은 부표가 받는 복원력 또는 토크(이하 "복원력"으로서 공동으로 지칭되는)를 감소시키는 것과 유사하게 여겨질 수 있다. 부표가 이의 평형 위치로부터 변위됨에 따라, 음의 스프링 디바이스로부터의 총 힘이 감소될 수 있다. 소정의 변위에서, 음의 스프링 디바이스로부터의 총 힘(및 그로 인해 부표의 변위 방향의 힘의 성분)이 제로일 수 있다. 이러한 변위는 본 출원에서 임계 변위로서 지칭된다. 임계 변위보다 큰 변위에서, 음의 스프링 디바이스는 이의 평형 위치로부터의 부표의 변위 방향과 반대 방향으로 힘을 제공할 수 있다. 그러한 경우, 음의 스프링 디바이스는 소정의 변위 이후 양의 스프링으로서 작용한다.

[0023] 그러한 양의 스프링 힘(capability)은 멈춤 장치(end-stop)들의 사용에 대한 의존도를 회피 또는 감소하도록 도울 수 있다. 멈춤 장치들은 전형적으로 이의 평형점으로부터 멀어지는 부표의 최대 변위를 제한하기 위해 요구된다. 음의 스프링으로부터 양의 스프링으로의 변환은 멈춤 장치로서 작용할 수 있으며, 이는 추가적인 멈춤 장치 구성요소들이 요구되지 않음을 의미한다. 대안적으로 양의 스프링 효과는 보다 약한 멈춤 장치가 사용될 수 있음을 의미할 수 있다. 그에 따라 양의 스프링 힘은 부표가 이의 변위를 제한하기 위해 멈춤 장치에 부딪히도록 더 이상 요구되지 않거나, 보다 적은 힘으로 멈춤-장치에 부딪침에 따라, 시스템에 존재하는 구성요소들의 수를 감소시키고 시스템의 마모를 감소시킬 수 있다.

[0024] 스프링 디바이스에 의해 제공되는 총 힘은 변위가 증가함에 따라 초기에 증가할 수 있고 그 다음 그것은 임계 변위에서 양으로 되기 전에 감소될 수 있다. 스프링 디바이스로부터 부표의 변위 방향과 반대 방향으로의 힘의 성분은 시스템의 기하학적 구조로 인해 더 증가될 수 있고, 그 후, 임계 변위를 넘어, 음의 스프링 디바이스에 의해 생성되는 총 힘이 그것이 확장됨에 따라 증가될 수 있다.

[0025] 부표가 임계 범위를 넘어 이동하고, 음의 스프링 디바이스가 양의 총 힘으로 작용하기 시작함에 따라, 파워 발전기는 에너지를 저장할 수 있다. 이러한 에너지는 부표의 운동 에너지 및/또는 부표의 유체 정역학적 위치 에너지를 변환하는 것으로부터 발생하여, 파워 발전기에 저장되는 위치 에너지인 것으로 여겨질 수 있다. 에너지는 음의 스프링 디바이스에 저장될 수 있다. 저장된 에너지는 이후에 사용될 수 있다. 에너지는 하나 이상의 유체, 예를 들어 기체 또는 액체로서, 축압기들에 저장될 수 있다. 가압된 유체는 축압기에 저장될 수 있고, 유체는 부표의 운동 및/또는 정역학 에너지를 사용하여 가압되었다. 축압기는 음의 스프링 디바이스에 추가될 수 있고, 음의 스프링 디바이스에 연결될 수 있다. 그러나, 음의 스프링 디바이스가 유압/공압/가스 스프링(아래 참조)을 포함하는 경우, 축압기는 음의 스프링 디바이스의 부분을 형성할 수 있다. 즉, 축압기는 음의 스프링 디바이스의 스프링 특성들에 직접적으로 기여할 수 있다. 이러한 경우, 추가적인 축압기 또한 에너지 저장 용량을 증가시키는데 제공될 수 있다.

[0026] 음의 스프링 디바이스는 임의의 적합한 결합에 의해 부표 및 기준점 사이에 연결될 수 있다. 이러한 결합은 부표의 진동 움직임 동안 부표 및 기준점에 관해 음의 스프링 디바이스의 힌지(hinge) 회전을 가능하게 할 수 있다. 결합은 그러한 목적에 적합한 해당 기술분야에 알려진 형태들 중 임의의 형태를 가질 수 있다. 파워 발전기의 동작 동안, 음의 스프링 디바이스는 평형시 스프링 디바이스의 위치에 관해,  $-90^\circ$  내지  $+90^\circ$  의 기준점에 대한 최대 회전을 갖는다. 바람직하게는 이러한 간격은  $-70^\circ$  내지  $+70^\circ$ ,  $-50^\circ$  내지  $+50^\circ$  또는  $-30^\circ$  내지  $+30^\circ$  이다.

[0027] 음의 스프링 디바이스는 기계식 스프링을 포함할 수 있다. 음의 스프링 디바이스는 복수의 기계식 스프링을 포함할 수 있다. 기계식 스프링은 코일 스프링, 가스/공압 스프링 또는 유압 스프링일 수 있다. 가스/공압 또는 유압 스프링은 음의 스프링 효과들을 일으키기에 특히 효율적일 수 있다. 기계식 스프링은 바람직하게는 유압 실린더/램(ram) 및 가스 축압기를 포함할 수 있다. 이러한 경우, 보다 큰 압력 범위가 음의 스프링 디바이스에 의해 핸들링될 수 있다.

[0028] 가스/공압 또는 유압 스프링은 유체 실린더를 포함할 수 있다.

[0029] 음의 스프링 디바이스는 제어 또는 수동 밸브들을 포함할 수 있다. 밸브들은 유압/공압/가스 스프링들의 압력을 조절 및/또는 조정하는데 사용될 수 있다. 그에 따라 음의 스프링 디바이스의 동작을 변경, 조정 및/또는 최적

화하는 것이 가능할 수 있다. 예를 들어, 음의 스프링 디바이스에 의해 제공되는 음의 스프링 힘/토크; 임의적 임계 변위; 및/또는 음의 스프링 디바이스에 의해 제공되는 임의적 양의 스프링 힘/토크를 변경, 조정 및/또는 최적화하는 것이 가능할 수 있다.

- [0030] 밸브들은 솔레노이드 밸브들, 유압 밸브들, 가스-구동 밸브들 또는 공압 밸브들일 수 있다. 밸브들은 제어기에 의해 제어될 수 있다. 과력 발전기의 상태 및/또는 과력 발전기를 둘러싼 물의 상태가 측정되거나, 추정될 수 있다. 측정치들/추정치들은 과력 발전기 및/또는 이를 둘러싼 물의 순간적인 상태에 관한 것일 수 있다. 예를 들어, 측정치들/추정치들은 부표의 운동, 동력 인출 장치의 동역학적 변수들 및/또는 파의 동역학 변수들 중 하나 이상일 수 있다. 측정치들/추정치들은 밸브들을 제어하기 위해 제어기에 의해 사용될 수 있다.
- [0031] 실시예에서, 기준점은 해저 또는 구조물에 관해 고정된 지지 부재 상에 제공될 수 있으며, 부표는 지지 부재에 관해 진동하도록 구성되고, 스프링 디바이스는 부표의 내부 및 지지 부재에 결합된다.
- [0032] 지지 부재는 강성 지지 부재(예를 들어, 로드(rod) 또는 폴(pole))일 수 있다. 지지 부재는 해저 또는 구조물에 부착될 수 있다.
- [0033] 지지 부재는 가요성 지지 부재(예를 들어 케이블 또는 가요성 튜브)일 수 있다. 지지 부재는 예를 들어, 해저 및 구조물 사이에서 긴장 상태로 유지될 수 있다.
- [0034] 부표는 병진/선형 운동 진동을 받도록 구성될 수 있다. 부표가 이의 평형 위치로부터 변위될 때, 음의 스프링 디바이스로부터의 힘은 선형 변위 방향 성분을 가질 수 있다. 기준점은 진동하는 부표의 평형 위치에 있을 수 있다.
- [0035] 대안적으로 또는 추가적으로, 부표는 회전 진동을 받도록 구성될 수 있다. 부표는 회전점에 대한 각 변위에 따라 진동할 수 있다. 회전점은 부표의 외부에 있을 수 있다. 부표는 연결 부재를 통해 회전점에 연결될 수 있다. 연결 부재는 강성일 수 있고 부표의 중심에 연결될 수 있다. 음의 스프링 디바이스는 부표의 중심 및 기준점 사이에 결합될 수 있다. 기준점이 부표의 평형 위치에 보다 근접할 수록, 스프링에 의해 제공되는 접선 방향의 힘이 보다 커질 것이다. 대안적으로 비틀림 스프링 디바이스가 음의 스프링 디바이스로서 사용될 수 있다. 부표가 이의 평형 위치로부터 변위될 때, 음의 스프링 디바이스로부터의 힘은 진동하는 부표의 접선 방향 성분을 갖는다.
- [0036] 기준점은 회전점 및 평형 위치를 연결하는 라인을 따라 임의의 위치에, 또는 이에 근접하게, 그리고 바람직하게는 회전점 및 평형 위치 사이 위치에, 더 바람직하게는 회전점 및 이의 평형 위치에 있을 때 부표의 중심 간 위치에 있을 수 있다. 기준점은 회전점에 관해 고정된 위치에 있을 수 있다.
- [0037] 과력 발전기는 다수의 음의 스프링 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 부표가 선형 운동을 받도록 구성될 때 병진 움직임의 방향에 의해 정의되는 축으로부터 방사 방향들을 따라 연장되고 그 축 주위에 떨어져 이격되는 스프링 디바이스들이 존재할 수 있다. 부표가 회전 진동 운동을 받도록 구성될 때 평형점에서, 부표의 움직임의 포물선에 대한 접선에 직교하는 평면을 따라 연장되는 다수의 스프링 디바이스가 존재할 수 있다. 따라서, 각각의 경우, 다수의 음의 스프링 디바이스가 평형 위치에서의 움직임의 방향에 수직인 평면을 따라 상이한 방향으로 연장되도록 배열될 수 있다. 바람직하게는 다수의 스프링 디바이스가 대칭적으로 배열된다. 바람직하게는 모든 스프링 디바이스가 부표 및 동일한 기준점 사이에 연결된다.
- [0038] 다수의 가스, 공압 또는 유압 스프링이 사용될 때, 다수의 스프링 디바이스 중 적어도 둘은 각각의 음의 스프링 디바이스에서의 유체의 압력이 동일하게 유지되도록 서로에 유체적으로 연결될 수 있다. 그러한 유체 연결은 부표 및 기준점 사이에 균일하지 않은 부하를 방지할 수 있다. 유체 연결은 영구적일 수 있다. 유체 연결은 예를 들어 밸브를 통해, 적어도 두 개의 다수의 스프링 디바이스를 선택적으로 연결할 수 있다. 유체 연결은 적어도 두 개의 다수의 스프링 디바이스를 선택적으로 연결하기 위한 수단, 예를 들어 밸브를 포함할 수 있다. 유체 연결은 파이프 또는 호스 연결을 포함할 수 있고, 밸브를 더 포함할 수 있다. 유체 연결은 스프링들의 실린더들 사이에 있을 수 있다.
- [0039] 선형 시스템에 대해 음의 스프링 디바이스들은 움직임의 방향을 따르는 축에 대해 별 형태 예를 들어, 2, 3 또는 5 각별 형태로 배열될 수 있다. 이러한 유형의 대칭적 배열이 존재할 때 바람직하게는 지지 부재의 방향에 수직한 방향으로 음의 스프링 디바이스들로 인한 부표 및 지지 부재 간 어떠한 알짜 힘도 없을 수 있다. 이는 동일한 특성들을 갖는 대칭적으로 이격된 음의 스프링들을 사용하여 달성될 수 있다. 이러한 경우, 스프링들로부터의 모든 힘은 움직임의 방향을 따를 수 있으며, 이는 지지 부재의 방향일 수 있다. 예를 들어, 모두 부표 및 지지 부재 사이에 실질적으로 동일한 힘을 제공하는, 120° 간격의 세 개의 스프링 디바이스가 존재할 수 있

다.

- [0040] 지지 부재는 부표의 중심을 통과할 수 있다. 지지 부재는 부표의 부력으로 인한 진동의 방향으로 배향될 수 있으며, 이는 위에서 언급된 병진 움직임의 방향일 수 있다. 이러한 방향은 실질적으로 수직적일 수 있다.
- [0041] 각각의 음의 스프링 디바이스는 단지 하나의 스프링을 포함할 수 있다. 이는 가장 단순한 배열이고 예를 들어 평형 위치에서, 압축되고, 병진 움직임의 방향에, 또는 회전 움직임의 포물선에 대한 접선에 수직인 단일 스프링에 의해 제공될 수 있다.
- [0042] 대안적으로, 하나 이상의, 또는 각 음의 스프링 디바이스는 스프링들의 세트, 예를 들어 평형 위치에서, 평형 위치에서 운동 방향(이러한 방향은 예를 들어, 병진 운동 방향 또는 회전 움직임의 포물선에 대해 접선 방향임)에 수직 방향에 대해 대칭적으로 배열되는 V형의 각진 스프링들의 쌍을 포함할 수 있다. 각 음의 스프링 디바이스의 스프링들은 운동 방향 및 수직 방향 양자와 동일한 평면에 놓일 수 있다. 이러한 경우, 스프링들의 세트는 기준점의 연결부(V의 팁)로부터 부표의 내부 표면 상의 각각의 지점들(V의 두 개의 종단점)로 연장될 수 있다. 각각의 지점들은 움직임의 방향에 실질적으로 정렬된 방향으로 이격될 수 있다. 평형 위치로부터 떨어지는 움직임 동안 스프링(또는 스프링들의 세트)은 움직임의 방향에 따른 성분을 갖는 힘을 제공하고, 그로 인해 음의 강성의 부가를 초래할 것이다. 수직으로부터 떨어진 스프링 디바이스의 각도는 움직임 동안 증가할 것이며, 이는 힘이 움직임의 방향에 보다 정렬될 것이기 때문에 힘의 움직임의 방향에 따른 성분이 증가할 것을 의미하는 것으로 이해될 것이다.
- [0043] 가스, 공압 또는 유압 스프링들이 사용될 때, 스프링들의 세트 중 적어도 두 개의 스프링은 스프링들의 세트의 각각의 스프링들에서의 유체의 압력이 동일하게 유지되도록 서로에 유체적으로 연결될 수 있다. 그러한 유체 연결은 시스템에서의 마찰을 감소시킬 수 있다. 유체 연결은 영구적일 수 있다. 유체 연결은 예를 들어 밸브를 통해, 적어도 두 개의 스프링을 선택적으로 연결할 수 있다. 유체 연결은 적어도 두 개의 스프링을 선택적으로 연결하기 위한 수단, 예를 들어 밸브를 포함할 수 있다. 유체 연결은 파이프 또는 호스 연결을 포함할 수 있고, 밸브를 더 포함할 수 있다. 유체 연결은 스프링들의 실린더들 사이에 있을 수 있다.
- [0044] 스프링들의 예들은 미국, 오하이오, 신시내티의 셰퍼 코퍼레이션(Sheffer Corporation), 영국, 노리치의 파커 하이드로릭스(Parker Hydraulics), 및 미국, 노스캐롤라이나, 샬럿의 보쉬 렉스로스(Bosch Rexroth)에 의해 제조된 것들일 수 있다. 공압 스프링들에 대해, 그것들이 견디도록 설계된 최대 압력은 약 100 바 이하, 바람직하게는 150 바 이하일 수 있고, 실린더 구경은 10 cm 내지 100 cm일 수 있다. 공압 스프링이 견딜 수 있는 최대 압력은 약 10 바 이하, 바람직하게는 15 바 이하, 그리고 더 바람직하게는 20 바 이하일 수 있고, 실린더 구경은 30 cm 내지 100cm일 수 있다. 유압 스프링들에 대해, 그것들이 견디도록 설계된 최대 압력은 약 200 바 이하일 수 있고, 실린더 구경은 50 cm일 수 있다.
- [0045] 본 발명에서, 부표는 임의의 알려진 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 그것은 일반적으로 형상이 원통형 또는 구형일 수 있다.
- [0046] 파력 발전기는 펌프로써 또는 전기 에너지 발전기로서 사용될 수 있다. 펌프로써 작용할 때, 진동하는 부표는 에너지를 이용하기 위해 유압 시스템 또는 공압 시스템을 구동할 수 있다. 유압 또는 공압 시스템은 후속하여 전기 발전기에 연결될 수 있다. 대안적으로, 진동하는 부표는 해당 기술분야에 알려져 있는 바와 같이 필수 마그네트(magnet)들 및 회로를 포함하는 전기-기계식 배열을 통해 전기를 직접적으로 생산할 수 있다. 그러한 전기-기계식 배열은 부표의 부분일 수 있거나 또는 부표는 외부 디바이스에 기계적으로 결합될 수 있다.
- [0047] 다른 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법으로서, 부표가 파동으로 인해, 기준점에 관한 평형 위치에 대해 진동하게 하는 단계; 및 음의 스프링 디바이스를 사용하여, 부표가 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때 부표 및 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계를 포함하고, 양의 힘은 부표 및 평형 위치 간 변위 방향인, 방법을 제공한다.
- [0048] 또 다른 측면에서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 파랑으로부터 에너지를 추출하는 방법으로서, 부표가 파동으로 인해, 기준점에 관한 평형 위치에 대해 진동하게 하는 단계; 및 부표 및 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계를 포함하고, 양의 힘은 부표 및 평형 위치 간 변위 방향인, 방법을 제공한다.
- [0049] 방법(들)은 변위가 임계보다 큰 경우, 부표 및 이의 평형 위치 간 변위 방향과 반대 방향으로 부표 및 기준점 사이에 양의 힘을 제공하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0050] 부표 및 기준점 간 힘은 위에서 설명된 바와 같이 음의 스프링 디바이스에 의해 제공될 수 있다. 방법은 위에서

설명된 특징부들 중 임의의 특징부 또는 모든 특징부를 갖는 장치를 사용하는 단계를 포함할 수 있다. 진동은 선형 운동 진동, 또는 회전 진동, 또는 둘의 조합일 수 있다.

- [0051] 방법(들)에서 사용되는 음의 스프링 디바이스는 본 발명의 제1 측면에 관해 위에서 설명된 바와 같은 음의 스프링 디바이스일 수 있다.
- [0052] 제4 측면에서 본 발명의 일 실시예에 따르면 이전에 설명된 방법에 사용하기 위한 파력 발전기로서, 음의 스프링 디바이스에 의해 기준점에 연결되는 부표를 포함하는, 파력 발전기를 제공한다. 이러한 파력 발전기는 본 발명의 제1 측면과 관련되어 위에서 설명된 특징부들 중 임의의 특징부 또는 모든 특징부를 포함할 수 있다.
- [0053] 몇몇의 바람직한 실시예들이 이하, 첨부 도면들을 참조하여 설명될 것이다:
- [0054] 도 1, 도 4 및 도 7은 본 발명에 따른 파력 발전기의 상이한 실시예들을 도시하고, 도 2, 도 3, 도 5, 도 6, 도 8 및 도 9는 도 1, 도 4 및 도 7의 파력 발전기들의 변위의 함수로서 다양한 힘/토크에 대한 그래프를 도시한다.
- [0055] 파력 발전기는 입사파들로 상쇄 간섭을 생성하는 파를 방사함으로써 파랑으로부터 에너지를 흡수하는 동역학적 시스템이다. 시스템은 이의 동역학적 반응에 의해 특징지어질 수 있으며, 이는 특정한 대역폭을 갖는다. 이는 그것이 입사파들로부터의 가진(excitation)에 잘 반응하는 주파수 범위를 가진다는 것을 의미한다. 이러한 범위 밖에서 반응은 보다 약한데, 이는 그것이 입사파로부터 에너지를 상당히 흡수할 수 없다는 의미이다. 전형적으로, 반응 대역폭은 자연적으로 발생하는 파랑의 대역폭보다 좁다. 이는 특히 소규모 시스템, 소위 점 흡수기들, 이를테면 부표들에 해당된다.
- [0056] 신뢰성 및 내구성을 보장하는 것과 함께, 전력 흡수에 충분한 대역폭을 달성하는 것은 파력 발전기들의 개발에 다른 무엇보다 중요한 과제이다.
- [0057] 대역폭은 또한 가진력에 대한 시스템의 속도 반응면에서 고려될 수 있다. 가진력 및 반응 속도 간 관계는 파 에너지의 흡수에 있어서 아주 중요하다. 반응 및 가진 간 제로 위상차에서, 가진 전력이 최대이다. 최대 흡수를 위해 속도 진폭은 입사파 진폭과 최적의 비에 있어야 한다. 바람직한 실시예들은 제로 또는 제로에 가까운 위상차를 이루도록 추구한다.
- [0058] 도 1은 본 발명의 파력 발전기(1)의 대표적인 실시예를 도시한다. 파력 발전기(1)는 평형 위치(4)에 대한 기준점(3)에 관해 진동할 수 있는 부표(2)를 포함한다. 파력 발전기는 부표(2) 및 기준점(3) 사이에 연결되는 음의 스프링 디바이스(10)를 더 포함한다. 음의 스프링 디바이스(10)는 부표가 평형 위치(4)로부터 떨어져 이동할 때 변위( $z$ ) 방향으로 양의 힘을 인가한다. 도 1의 실시예에서, 변위( $z$ ) 방향은 수직 방향이다.
- [0059] 도 1의 실시예에서, 부표(2)는 구형이고 일반적으로 구형 쉘의 형상인 공기로 채워진 봉입된 쉘(6)을 포함한다. 쉘(6)은 부표(2)에 부력을 제공한다. 쉘(6)의 내부 표면(7)은 빈 내부 공동(8)을 형성한다. 공동(8)은 또한 부표(2)에 부력을 제공한다. 부표(2)는 다른 반경들이 가능하지만, 약 4 m의 반경을 가질 수 있다.
- [0060] 지지 부재(5)(예를 들어 로드, 폴, 케이블)는 쉘(6)에서의 서로 대향하는 홀들(9)을 그리고 부표(2)의 중심을 관통하고, 부표(2)의 변위( $z$ ) 방향으로 일반적으로 배향된다. 기준점(3)은 지지 부재(5)에 고정되고 부표(2)의 중심에 위치된다.
- [0061] 음의 스프링 디바이스(10)는 기계식 나선형 스프링(11)을 포함하고 부표(2)가 이의 평형 위치(4)에 있을 때, 음의 스프링 디바이스(10)가 지지 부재(5) 및 변위 방향( $z$ )에 수직이도록 기준점(3) 및 쉘(6)의 내부 표면(7) 사이에 고정된다. 음의 스프링 디바이스(10)는 부표(2)가 이의 평형 위치에 있을 때 최대 압력의 상태에 있다. 연결부들(12 및 13)은 내부 표면(7) 및 기준점(3)에 관한 음의 스프링 디바이스의 힌지 회전을 가능하게 한다.
- [0062] 도 1에 도시되지 않았으나, 파력 발전기(1)는 다수의 음의 스프링 디바이스(10)를 포함하고, 스프링 디바이스들(10)은 위에 설명된 바와 같이 기준점(3) 및 내부 표면(7) 사이에서 연장되며, 실질적으로 동일한 기계적 속성들을 갖는다. 다수의 음의 스프링 디바이스(10)는 지지 부재(5)의 축 주위에 떨어져 대칭적으로 이격된다. 따라서, 음의 스프링 디바이스들(10)은 지지 부재(5)의 축에 대해 별 형태, 예를 들어 2, 3 또는 5 각별 형태로 배열된다. 예를 들어, 모두 부표(2) 및 지지 부재(5) 사이에 실질적으로 동일한 힘을 제공하는,  $120^\circ$  간격의 세 개의 스프링 디바이스(10)가 존재할 수 있다.
- [0063] 도 1 실시예에서 부표(2)가 입사파 에너지로 인해 병진/선형 운동 진동을 받을 수 있다는 것이 명백하다. 부표(2)가 이의 평형 위치로부터 변위될 때, 음의 스프링 디바이스(10)로부터의 힘은 선형 변위( $z$ ) 방향 성분을 갖



는다. 따라서, 부표(2)가 이의 평형 위치로부터 떨어져 이동할 때, 음의 스프링 디바이스(10)는 이의 저장된 에너지를 방출한다.

[0064] 음의 스프링 디바이스(10)에 의해 부표(2)의 변위( $z$ ) 방향으로 제공되는 힘의 크기는 부표(2)가 이의 평형 위치(4)로부터 떨어져 이동함에 따라 변경된다. 이러한 힘의 변화는 부분적으로 시스템의 기하학적 구조로 인하는데, 이는 음의 스프링 디바이스(10)에 의해 인가되는 총 힘의  $z$ -방향 성분이 부표(2)의 변위가 평형 위치(4)로부터 떨어져 증가함에 따라  $z$ -방향에 수직 성분에 관해 증가되기 때문이다. 또한, 힘은 음의 스프링 디바이스(10)에 의해 생성되는 총 힘이 음의 스프링 디바이스(10)의 길이가 변경됨에 따라 변화하기 때문에 변화한다. 따라서, 이러한 힘의 변화는 부표가 이의 평형 위치로부터 변위될 때 작용하기 시작한다. 음의 스프링 디바이스에 의해 생성된 힘은 진동의 변위( $z$ ) 방향을 따라 부표를 푸시하도록 작용한다. 하나의 예시적인 배열에서, 음의 스프링 디바이스(10)는 부표(2)가 평형 위치(4)로부터 떨어져 이동할 때 변위에 따라 초기에 증가하는 힘을 제공할 수 있다.

[0065] 음의 스프링 디바이스(10)는 부표(2)의 유체 정역학적 강성에 반하여 작용하는 음의 강성을 제공하고, 그로 인해 시스템의 유체 정역학적 강성을 감소시킨다. 그러나, 평형점 주위 임계 변위 내에 있지 않은 변위( $z$ )에 대해서는, 시스템의 강성이 증가하게 된다. 이는 평형(4)으로부터의 변위( $z$ )의 함수로서, 점선이 부표(2)의 유체 정역학적 강성력( $F(z)$ )이고 실선이 음의 스프링 디바이스(10)로 인한 힘( $F(z)$ )인 도 2에 도시된 예에서 알 수 있다.

[0066] 시스템의 그 결과로 생긴 강성력이 도 3에 실선으로 도시된다(다시 점선은 부표(2)의 유체 정역학적 강성력이다). 알 수 있는 바와 같이, 평형점 주위에서 강성의 감소가 존재한다. 도 2 및 도 3 - 및 도 5, 도 6, 도 8 및 도 9 - 의 축들 상에 제시된 정확한 값들은 단지 예시적인 예라는 것이 주의되어야 한다. 대소의 변위 및 힘이 조율될 수 있다. 이러한 값들은 입사파들의 에너지 및 부표의 크기를 포함하여 많은 요인에 의존적이다.

[0067] 부표(2)가 이의 평형 위치(4)로부터 변위됨에 따라, 음의 스프링 디바이스로부터의 총 힘이 감소된다. 임계 변위(도 2에  $z_L$ 로 표시된)에서, 총 힘(및 그로 인해 부표의 변위 방향의 힘의 성분)은 제로이다. 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, 임계 변위( $z_L$ )보다 큰 변위에서, 음의 스프링 디바이스(10)는 이의 평형 위치(4)로부터 부표의 변위( $z$ ) 방향과 반대 방향으로 힘을 제공한다. 그에 따라, 음의 스프링 디바이스(10)는 소정의 변위( $z_L$ ) 이후 양의 스프링 디바이스(positive spring device)로서 작용하고, 시스템의 총 강성을 증가시킨다.

[0068] 도 2를 참조하여, 음의 스프링 디바이스(10)에 의해 제공되는 총 힘은 변위( $z$ )가 증가함에 따라 초기에 증가하고 그 다음 그것은 임계 변위( $z_L$ )에서 양의 스프링으로 되기(그리고 그로 인해 변위 방향과 반대인 힘을 인가하기) 전 감소된다. 스프링 디바이스로부터 부표의 변위 방향과 반대 방향으로의 힘의 성분은 시스템의 기하학적 구조로 인해 더 증가될 수 있고(위에서 논의된 것들과 유사한 이유들로 인해), 그 후, 임계 변위( $z_L$ )를 넘어, 스프링 디바이스에 의해 생성되는 총 힘이 그것이 확장됨에 따라 증가될 수 있다. 큰 변위에서의 양의 스프링 효과는 부표의 최대 변위를 제한하기 위해 "멈춤 장치" 시스템의 부분으로서 사용될 수 있다.

[0069] 도 4를 참조하면, 이는 도 1에 도시된 것과 대체로 유사한 파력 발전기를 도시한다. 그러나, 본 실시예에서, 각 음의 스프링 디바이스(10)는 병진 운동 방향( $z$ )에 수직한 평면에 대해 대칭적으로 배열되는 V형의 각진 스프링들의 쌍을 포함하는 스프링들의 세트(14)를 포함할 수 있다. 스프링들의 세트(14)는 연결부(13)로부터 부표(2)의 내부 표면(7) 상의 각각의 지점들(12)에 고정된 지점(3)으로 연장될 수 있다. 각각의 지점들(12)은 지지 부재(5)의 방향에 실질적으로 정렬된 방향으로 이격된다. 일 실시예에 따르면, 가스 스프링들이 도시되었다.

[0070] 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 스프링들의 세트(14)의 사용은 음의 스프링 디바이스(10)의 힘의 특성들의 조정을 가능하게 한다. 도 5에서, 세트에서의 각 스프링으로부터  $z$ -방향으로의 부표 상의 힘은  $F_1$  및  $F_2$ (실선들)로 도시된다. 그 결과로 생긴 힘이  $F_{tot}$ (점선)로 도시된다. 각 세트에서의 스프링들 간 각도 및 각 스프링에 의해 생성되는 총 힘( $F$  합)은 음의 스프링 디바이스로부터 그 결과로 생긴 힘(공압  $F_z$ )이 평형 주위에서 부표의 유체 정역학적 강성(구형  $F_z$ )을 최적으로 감소시키도록 선택된다. 이는 도 6에 도시된다. 각도는 엔지니어가 가장 효율적으로 강성을 감소하는 것을 돕는 다른 제어가능한 요인을 제공한다.

[0071] 도 7은 부표(2)가 회전 진동을 받는 본 발명의 실시예를 도시한다. 부표(2)는 이전 실시예들에 관하여 설명된 것과 실질적으로 유사할 수 있다. 그러나, 도 8 실시예에서 부표(2)는 단지 연결 부재(15)가 부표(2)의 중심을 회전점(A)에 연결하게 하기 위한 하나의 홀(9), 및 음의 스프링 디바이스(10)가 연장될 수 있는 슬롯(미도시)을

포함한다. 부표(2)는 회전점(A)에 대한 각 변위에 따라 진동하며, 회전점(A)은 부표(2)의 외부에 있다. 음의 스프링 디바이스(10)는 부표의 중심 및 기준점(3) 사이에 결합될 수 있다. 부표(2)가 이의 평형 위치로부터 변위될 때, 음의 스프링 디바이스로부터의 힘은 진동하는 부표의 접선 방향 성분을 갖는다.

[0072] 기준점(3)은 부표의 평형 각도에서 회전점(A)으로부터 연장되는 라인을 따라 위치된다. 또한, 그것은 이의 평형 위치(4)에 있을 때 부표(2) 중심 및 회전점(A) 사이에 위치된다.

[0073] 도 7의 파력 발전기(1)의 음의 스프링 어셈블리(10)는 시스템의 유체 정역학적 강성을 감소시키기 위해, 그리고 그로 인해 파력 발전기의 대역폭을 증가시키기 위해 도 1 및 도 4의 음의 스프링 어셈블리들(10)과 유사하게 작용한다. 유체 정역학적 강성의 감소는 도 8 및 도 9에서 알 수 있으며, 이는 도 2 및 도 3과 유사한 효과들을 도시한다. 따라서, 도 8에 있어서 평형(4)으로부터의 각 변위( $\theta$ )의 함수로서, 점선은 부표(2)의 유체 정역학적 강성 토크( $\tau(\theta)$ )이고 실선은 음의 스프링 디바이스(10)로 인한 토크( $\tau(\theta)$ )이다. 시스템의 그 결과로 생긴 강성 토크( $\tau(\theta)$ )가 도 9에 실선으로 도시된다(다시 점선은 부표(2)의 유체 정역학적 강성 토크이다). 알 수 있는 바와 같이, 평형점 주위에서 강성의 감소가 존재한다.

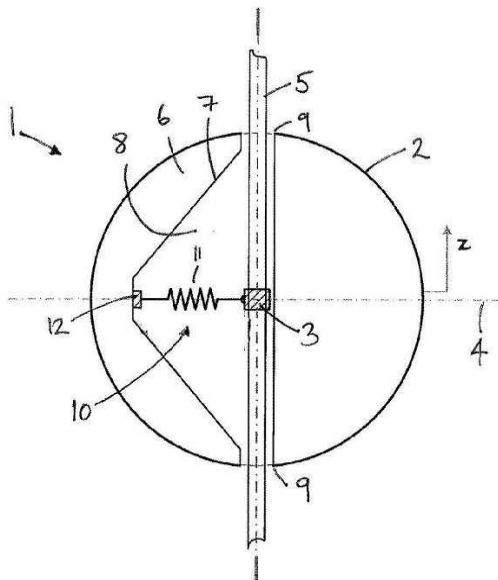
[0074] 위에서 언급된 바와 같이, 음의 스프링의 효과는 시스템에 의해 전달될 수 있는 에너지를 크게 향상시키는 것이다. 도 4에 도시된 유형의 선형 진동 유형 부표에 대해, 표준 부표 디자인과의 실험 비교가 이루어졌고 이는 에너지 전달의 증가가 적어도 100%였음을 발견하였다. 실험은 에너지 전달을 측정하기 위해 종래 저항성 부하 셋업을 사용했다. 그로 인해 본 출원에 설명된 파력 발전기에 의해 제공되는 상당한 이점은 알려진 설계들과 비교하여 적어도 두 배인 평균 전력 출력이다.

### 부호의 설명

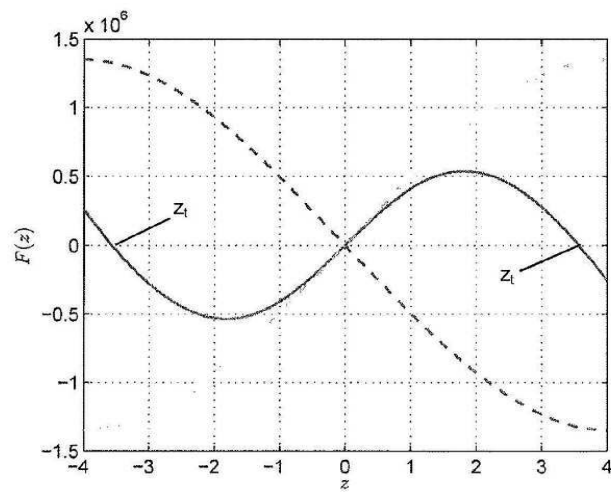
- |        |                  |                  |
|--------|------------------|------------------|
| [0075] | 1 : 파력 발전기       | 2 : 부표           |
|        | 5 : 지지 부재        | 10 : 음의 스프링 디바이스 |
|        | 11 : 기계식 나선형 스프링 |                  |

### 도면

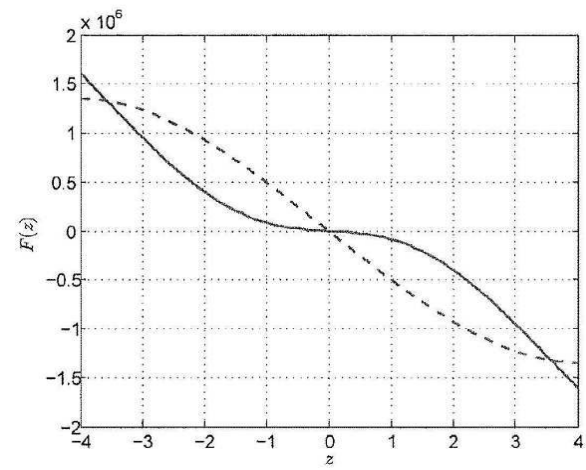
#### 도면1



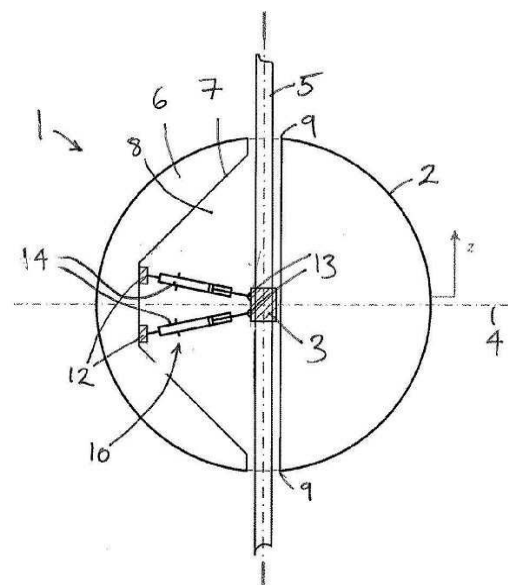
도면2



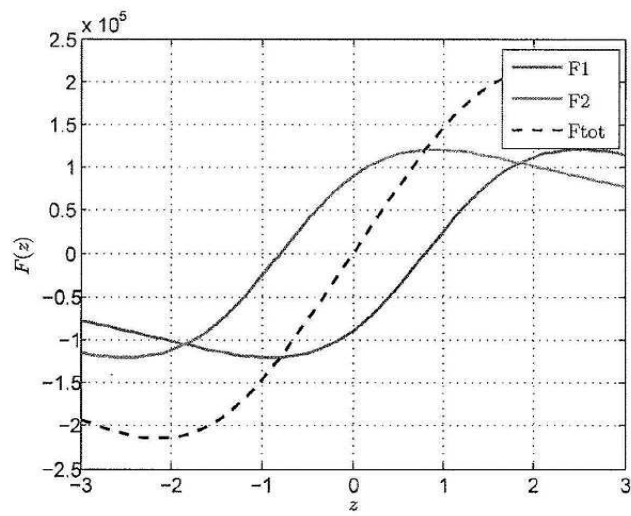
도면3



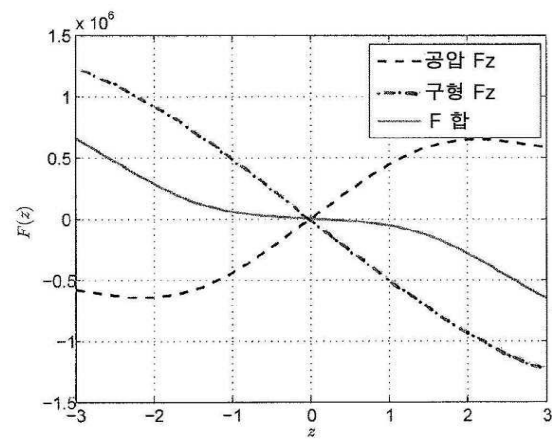
도면4



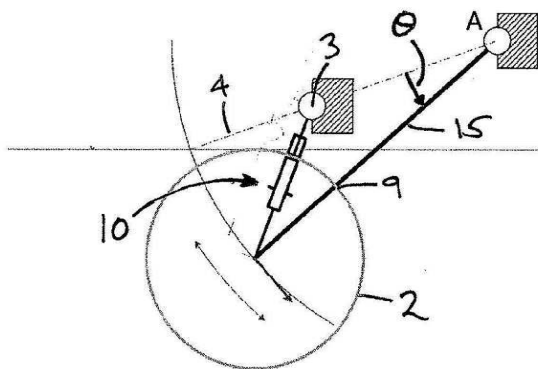
도면5



도면6

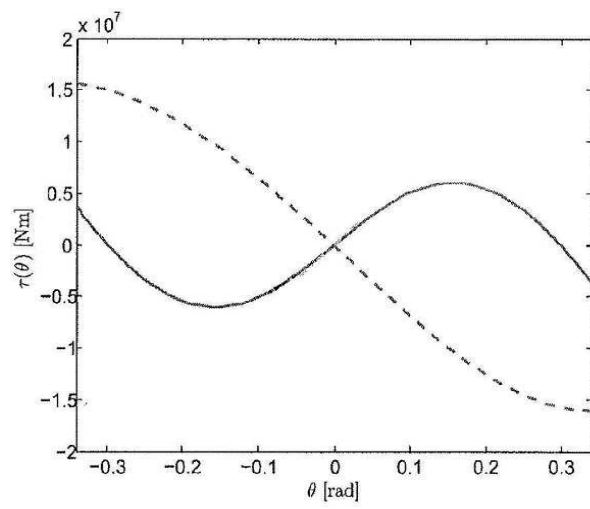


도면7





도면8



도면9

