



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0102096
(43) 공개일자 2013년09월16일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>F03D 11/04</i> (2006.01) <i>F03D 7/04</i> (2006.01)
 <i>F03D 9/00</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2013-7014363</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2011년11월04일
 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2013년06월04일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2011/006177</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2012/060108
 국제공개일자 2012년05월10일</p> <p>(30) 우선권주장
 JP-P-2010-248511 2010년11월05일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
 내셔널 매리타임 리서치 인스티튜트
 일본 도쿄도 181-0004 미타카시 신카와 6-38-1</p> <p>(72) 발명자
 이노우에 슌지
 일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6-38-1 내셔널 매리타임 리서치 인스티튜트 내</p> <p>(74) 대리인
 강일우</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 10 항

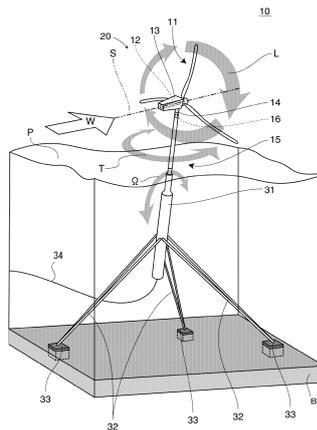
(54) 발명의 명칭 **부체식 해상 풍력발전시설**

(57) 요약

풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성에 대한 악영향의 원인으로 되는 자이로 효과(gyro effect)에 의한 나셀의 회동요동을 억제할 수 있는 부체식 해상 풍력발전시설을 제공한다.

바람에 의해 회전되는 로우터(rotor)(11)와, 로우터(11)의 회전축(12)을 수용하는 나셀(13)과, 나셀(13)을 해면(P)에 대하여 회동 가능하게 지지하여 풍향계 효과를 발휘시켜 회동과 베어링(14)을 갖는 타워(15)를 구비한 부체식 해상 풍력발전시설(10)에 있어서, 타워(15)에 나셀(nacelle)(13)의 회동요동(T)을 억제하기 위해 요동억제 수단(16)이 설치됨으로써, 해면(P)의 파랑에 의하여 부체(13)에 생기는 요동(Ω)에 기인하는 자이로 효과에 의한 나셀의 회동요동(T)을 억제할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

바람에 의해서 회전하는 로우터(rotor)와, 적어도 상기 로우터의 회전축을 수용하는 나셀(nacelle)과, 상기 나셀을 수면 또는 지면에 대하여 회동 가능하게 지지하는 회동수단을 갖는 구조체와, 상기 나셀의 수면 또는 지면에 대한 회동요동을 억제하는 요동억제수단을 구비한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나셀을 상기 로우터에 대하여 바람이 불어오는 쪽에 설치한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 로우터에 코우닝 각(coning angle)을 부여한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 요동억제수단은 유압 댐퍼(damper)를 이용한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 요동억제수단은 마찰 댐퍼를 이용한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 요동억제수단은 상기 구조체의 형상 또는 구조와 주위의 부체(浮體)와의 상호 간섭에 의해서 회동요동을 억제하는 유체역학적 댐퍼를 이용한 것을 특징으로 하는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치를, 해상에서 상기 구조체의 일부로서 부체를 이용하여 발전을 행하는 풍력발전시설에 적용한 것을 특징으로 하는 부체식 해상 풍력발전시설.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 부체를 상기 부체의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하는 계류방식(繫留方式)으로 계류한 것을 특징으로 하는 부체식 해상 풍력발전시설.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 부체를 대략적인 원통 형상으로 형성하고 상기 계류방식을, 상기 부체를 수평면에 투영했을 때에, 상기 대략적인 원통 형상에 있어서의 원의 원주상의 2점을 각각의 일단(一端)으로서 접속되는 2개의 계류삭(繫留索)으로 이루어진 계류삭 쌍이 이용되며, 상기 2개의 계류삭은, 각각이 상기 원의 대략적인 접선으로 되는 형상으로 되며, 동일 축으로 연장되는 형태로 한 것을 특징으로 하는 부체식 해상 풍력발전시설.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

바람을 받아 기운 상태에서의 로우터의 회전축이 풍향에 대하여 평행하게 되도록, 바람을 받지 않은 상태에서의 로우터의 회전축을 수평면에 대하여 소정각(所定角)을 가지게 하여 나셀을 상기 구조체에 지지한 것을 특징으로 하는 부체식 해상 풍력발전시설.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 로우터(rotor)의 회전축을 수용하는 나셀(nacelle)의 회동요동(回動搖動)(요잉(yawing) 회전, 한쪽으로 흔들리는 회전) 및 부체(浮體)의 회동요동을 효율적으로 억제할 수 있는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치 및 부체식(浮體式) 해상 풍력발전시설에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래, 풍력발전시설에 있어서는, 풍향의 변화에 대응하여 풍차의 방향을 변화시키기 때문에, 풍향 센서와 조합한 능동적 제어장치가 이용되고 있다. 예를 들면, 풍향 센서의 측정 결과에 따라 동력 장치에 의해 풍차를 회동시키고, 풍향에 맞춘 위치에서 풍차를 유지하는 구성이 채용되고 있다. 또, 풍력발전시설 전체의 시스템을 간편하게 하기 위한 방책으로서, 능동적 제어장치를 생략하는 일이 있다. 능동적 제어장치를 생략하는 경우, 풍차의 로우터의 회전축을 수평면상에서 자유롭게 회동 가능한 상태로 지지하고, 풍향계 효과(weathercock effect)에 의해 풍차의 방향을 변화시킴으로써 풍향의 변화에 대응시키고 있다.

[0003] 풍력발전시설은, 로우터가 바람을 받아 회전함으로써 발전하는 것이다. 그리고, 로우터 회전의 자전축에 대하여 연직방향의 모멘트가 더해지면, 이른바 자이로 효과(gyro effect)에 의하여, 해당 모멘트의 방향 및 로우터의 자전축의 양쪽과 직교하는 방향으로 자이로 모멘트(gyro moment)가 발생한다. 예를 들면, 물에 떠오른 부체상에 설치된 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서는, 파랑(波浪)의 영향에 의하여 연직방향의 모멘트가 발생한다. 이 때문에, 자이로 효과에 의하여 로우터 회전의 자전 축으로 직교하는 수평 방향으로 자이로 모멘트가 발생한다.

[0004] 능동적 제어장치를 구비한 부체식 해상 풍력발전시설에서는, 풍향에 맞춘 위치에 있어서 나셀이 부체에 유지되어 있다. 이 때문에, 풍차의 로우터의 회전축을 수용하는 나셀에 생긴 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의해, 연직축을 회전축으로 하는 부체의 회전운동이 생긴다. 여기서, 물결의 운동은 반복 운동이기 때문에, 부체는 나셀과 함께 반복 운동(회동요동)하게 된다.

[0005] 또, 능동적 제어장치를 생략한 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서는, 풍차의 로우터의 회전축은 부체에 대하여 자유롭게 회동 가능한 상태로 지지되어 있다. 이 때문에, 나셀에 생긴 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의해, 나셀의 회동요동이 생기게 된다.

[0006] 본 발명자들은, 상기 자이로 효과에 기인하는 모멘트가, 부체식 해상 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성에 악영향을 미치는 원인이 되고 있는 것을 찾아냈다.

[0007] 풍력발전장치에 있어서 발생하는 진동의 방지를 목적으로 하고, 여러 가지 구성을 채용하는 것이 제안되고 있다(특허문헌 1~3).

[0008] 특허문헌 1에는, 나셀의 능동적 제어장치로서, 타워의 상단부에 수평 방향으로 회동 가능하게 지지된 플랫폼을 선회하는 선회 구동원과 선회 방향의 고정 수단을 구비한 풍력발전장치가 기재되어 있다. 그리고 상기 풍력발전장치에 있어서, 브레이드의 공진이나 공진 풍속에 의해 타워 등에 발생하는 진동을 억제하는 것을 목적으로 하고, 제진장치를 설치하는 구성이 기재되어 있다.

[0009] 특허문헌 2에는, 풍력 터빈에 있어서, 로우터의 날개의 가장자리 방향의 요동 작용을 감쇠시키는 것을 목적으로 하고, 나셀에 요동 작용 감쇠 수단을 배치하는 구성이 기재되어 있다.

[0010] 특허문헌 3에는, 풍력발전기에 있어서, 증속 기어박스를 통하여 나셀 프레임에 전달되는 진동을 방지하는 것 및 나셀 프레임으로부터 증속도 기어박스에 전달되는 진동을 방지하는 것을 목적으로 하고, 증속 기어박스과 나셀

프레임과의 사이에 방진 댐퍼를 설치하는 구성이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) : 일본 공개특허공보 2003-176774호
- (특허문헌 0002) : 일본 공표특허공보 2002-517660호
- (특허문헌 0003) : 일본 공표특허공보 2008-546948호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 이와 같이, 풍력발전시설에 있어서, 종래, 로우터 등의 회전 자체에 의하여 발생하는 진동은 문제로 되어 있었지만, 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의해 생기는 나셀의 요동에 대하여 착안한 것은 존재하지 않는다. 이 때문에, 이들 특허문헌에 기재된 풍력발전장치에 이용되고 있는 진동 억제수단에서는, 부체식 해상 풍력발전시설이 과량의 영향을 받을 때, 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의하여 발생하는 나셀이나 부체의 회동요동을 방지할 수 없다.
- [0013] 그래서, 본 발명은, 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의하여 발생하는 나셀이나 부체의 회동요동을 방지하여 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성에 대한 악영향을 억제할 수 있는 풍력발전시설의 회동요동 억제장치 및 부체식 해상 풍력발전시설을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 청구항 1에 기재된 본 발명의 풍력발전시설의 회동요동 억제장치는, 바람에 의해 회전하는 로우터와, 적어도 상기 로우터의 회전축을 수용하는 나셀과, 상기 나셀을 수면 또는 지면에 대하여 회동 가능하게 지지하는 회동수단을 갖는 구조체와 상기 나셀의 수면 또는 지면에 대한 회동요동을 억제하는 요동억제수단을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0015] 이 구성에 의하면, 자이로 효과에 기인하는 나셀의 회동요동을 요동억제수단에 의해 억제할 수 있다.
- [0016] 청구항 2에 기재된 본 발명은, 청구항 1에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치에 있어서, 상기 나셀을 상기 로우터에 대하여 바람이 불어오는 쪽에 설치한 것을 특징으로 한다.
- [0017] 이 구성에 의하면, 이른바 풍향계 효과에 의하여 나셀을 수면 또는 지면에 대하여 회동시키고, 회전축의 방향을 풍향과 배합할 수 있다.
- [0018] 청구항 3에 기재된 본 발명은, 청구항 2에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치에 있어서, 상기 로우터에 코우닝 각(coning angle)을 부여한 것을 특징으로 한다.
- [0019] 이 구성에 의하면, 이른바 풍향계 효과를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0020] 청구항 4에 기재된 본 발명은, 청구항 1에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치에 있어서, 상기 요동억제수단은 유압 댐퍼를 이용한 것을 특징으로 한다.
- [0021] 청구항 5에 기재된 본 발명은, 청구항 1에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치에 있어서, 상기 요동억제수단은 마찰 댐퍼를 이용한 것을 특징으로 한다.
- [0022] 진동 억제수단으로서 유압 댐퍼 또는 마찰 댐퍼를 이용함으로써, 나셀의 회동을 억제하기 위한 저항을 나셀의 회동 속도에 따라 변화시킬 수 있다.
- [0023] 청구항 6에 기재된 본 발명은, 청구항 1에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치에 있어서, 상기 요동억제수단은 상기 구조체의 형상 또는 구조와 주위의 유체(流體)와의 상호 간섭에 의해 회동요동을 억제하는 유체역학적 댐퍼를 이용한 것을 특징으로 한다.
- [0024] 이 구성에 의하면, 수중의 유체역학적 댐퍼의 물에 대한 저항에 의해 나셀 또는 부체의 회동 속도에 따라, 회동

에 대한 저항을 변화시켜 회동요동을 억제할 수 있다.

- [0025] 청구항 7에 기재된 본 발명의 부체식 해상 풍력발전시설은, 청구항 1에서 청구항 6 중 어느 한 항에 기재된 풍력발전시설의 회동요동 억제장치를, 해상에서 상기 구조체의 일부분으로서 부체를 이용하여 발전을 행하는 풍력발전시설에 적용한 것을 특징으로 한다.
- [0026] 이러한 구성에 의하면, 해상에서의 부체의 피칭(pitching) 동요(動搖)에 기인하는 자이로 효과에 의해 야기되는 나셀의 회동요동을 요동억제수단에 의해 억제할 수 있다.
- [0027] 청구항 8에 기재된 본 발명은, 청구항 7에 기재된 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서, 상기 부체를 상기 부체의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하는 계류방식계류방식(繫留方式)으로 계류(繫留)한 것을 특징으로 한다.
- [0028] 청구항 9에 기재된 본 발명은, 청구항 8에 기재된 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서, 상기 부체를 대략적인 원통 형상으로 형성하고 상기 계류방식을, 상기 부체를 수평면에 투영했을 때에, 상기 대략적인 원통 형상에 있어서의 원의 원주상의 2점을 각각의 일단으로서 접속되는 2개의 계류삭(係留索)으로 이루어지는 계류삭 쌍이 이용되며, 상기 2개의 계류삭은, 각각이 상기 원의 대략적인 접선으로 되는 형상으로 되며, 동일 축으로 연장되는 형태로 한 것을 특징으로 한다.
- [0029] 이러한 구성에 의해서 부체의 원통 중심축 둘레의 회전을 억제할 수 있다.
- [0030] 청구항 10에 기재된 본 발명은, 청구항 7에 기재된 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서, 바람을 받아 기운 상태에서의 로우터의 회전축이 풍향에 대하여 평행하게 되도록, 바람을 받지 않은 상태에서의 로우터의 회전축을 수평면에 대하여 소정각을 가지게 하여 나셀을 상기 구조체에 지지된 것을 특징으로 한다.
- [0031] 이 구성에 의해, 로우터가 바람을 받았을 때에 풍력발전시설이 기우는 것을 고려하여 소정각을 설정할 수 있기 때문에, 발전시에 있어서 로우터의 회전축이 풍향에 대하여 평행하게 되도록 할 수 있다. 한편, 여기서 「바람을 받아 기운 상태」란, 풍력발전시설이 설치되는 장소에 있어서 상정되는 대표적인 풍속의 바람을 받음으로써 기운 상태의 것을 말한다. 또, 대표적인 풍속으로서는, 예를 들면 연간 평균풍속이나 발전 효율이 최대가 되는 풍속 등을 들 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명의 풍력발전시설의 회동요동 억제장치는, 자이로 효과에 기인하는 회동요동을 요동억제수단에 의해 억제할 수 있기 때문에, 회동요동에 의한 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성에 대한 악영향을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0033] 또, 나셀을 로우터에 대하여 바람이 불어오는 쪽에 설치된 구성이나 로우터에 코우닝 각을 부여한 구성으로 하면, 이른바 풍향계 효과에 의해 나셀을 회동시켜 로우터의 회전축을 풍향에 맞추어, 로우터를 풍향에 정대(正對)시킬 수 있기 때문에, 풍력발전시설의 발전 효율을 향상시키는 것이 가능해진다. 또, 회동요동을 억제하고 요동억제수단의 부하를 낮추는 것이 가능해진다.
- [0034] 또, 요동제어수단으로서 유압 댐퍼나 마찰 댐퍼를 이용한 구성을 채용하면, 나셀의 회동 속도에 따라 요동제어수단의 저항을 변화시킬 수 있기 때문에, 풍향계 효과에 의한 속도가 늦은 나셀의 회동을 억제하지 않고, 자이로 효과에 의한 속도가 빠른 나셀의 회동요동을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0035] 또, 주위의 유체와의 상호 간섭에 의해 회동요동을 억제하는 유체역학적 댐퍼를 이용한 구성으로 하면, 나셀의 회동 속도에 따라 저항을 변화시킬 수 있고, 자이로 효과에 기인하여 나셀 혹은 부체에 생기는 회동요동을 억제하고, 또 부체의 피칭 요동을 억제하여, 발전 효율 및 기기의 내구성을 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0036] 본 발명의 부체식 해상 풍력발전시설은, 본 발명의 풍력발전시설의 회동요동 억제장치를 구비하고 있기 때문에, 자이로 효과에 의한 나셀의 회동요동을 억제함으로써, 발전 효율 및 기기의 내구성을 향상시키는 것이 가능해진다. 또, 자이로 효과의 역작용(逆作用)에 의해 부체의 피칭 요동도 억제할 수 있다.
- [0037] 또, 부체를, 부체의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하는 계류방식으로 계류된 구성으로 하면, 자이로 효과에 기인하는 나셀의 회동요동 및 부체의 피칭 요동을 효과적으로 억제할 수 있어, 발전 효율 및 기기의 내구성을 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0038] 또, 바람을 받지 않은 상태에서의 로우터의 회전축과 수평면과의 사이에 소정각을 가지게 한 구성으로 하면, 발전시에 있어서 로우터의 회전축의 방향과 풍향을 대략 평행하게 하여 대략 일치시킬 수 있기 때문에, 로우터의

회전면을 풍향에 대하여 대략 직각으로 하여 발전 효율을 향상시키는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은, 본 발명의 제 1의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.
- 도 2는, 본 발명의 제 1의 실시형태에 의한 풍력발전시설의 회동요동 억제장치의 구조를 나타낸 요부 측면도이다.
- 도 3은, 해상에서의 풍향의 변화와 파랑의 영향에 의한 물위의 부체의 흔들림 각도와와의 관계를 나타낸 것이고, (a)는 풍향의 변화를 나타내는 그래프, (b)는 흔들림 각도의 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 4a는, 유압 댐퍼의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.
- 도 4b는, 유압 댐퍼의 개략적인 구성을 나타낸 정면도이다.
- 도 4c는, 도 4b의 AA에서 본 단면도이다.
- 도 5a는, 마찰 댐퍼의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.
- 도 5b는, 마찰 댐퍼의 개략적인 구성을 나타낸 정면도이다.
- 도 6a는, 본 발명의 제 1의 실시형태로 되는 부체의 계류 장치의 구성을 나타낸 상면도이다.
- 도 6b는, 본 발명의 제 1의 실시형태로 되는 부체의 계류 장치의 구성을 나타낸 측면도이다.
- 도 7은, 본 발명의 제 1의 실시형태에 있어서의 하나의 계류삭 쌍의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 8a는, 종래의 긴장 계류방식의 구성을 나타낸 상면도이다.
- 도 8b는, 종래의 긴장 계류방식의 구성을 나타낸 측면도이다.
- 도 9는, 본 발명의 제 2의 실시형태에 의한 풍력발전시설의 회동요동 억제장치의 구조를 나타낸 요부 측면도이다.
- 도 10a는, 본 발명의 제 2의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설이 구비하고 있는 회동요동 억제장치가 바람을 받은 상태에서의 개략적인 구성을 나타낸 측면도이다.
- 도 10b는, 본 발명의 제 2의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설이 구비하고 있는 회동요동 억제장치가 바람을 받지 않은 상태에서의 개략적인 구성을 나타낸 측면도이다.
- 도 11은, 본 발명의 제 3의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.
- 도 12는, 본 발명의 제 3의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.
- 도 13은, 본 발명의 제 4의 실시형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] (제 1의 실시형태)
- [0041] 본 발명의 제 1의 실시형태에 대하여, 도 1~도 8을 참조하여 이하에 설명한다. 본 실시 형태에서는, 본 발명을 부체식 해상 풍력발전시설로서 실시하는 경우에 대하여 설명한다.
- [0042] 도 1은 본 실시 형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설(10)의 개략적인 구성을 나타내는 사시도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이 부체식 해상 풍력발전시설(10)은, 회동요동 억제장치(20)가 설치된 부체(31)가 계류삭(32)을 사이에 두고 해저(B)의 앵커(anchor)(33)에 계류된 것이다. 한편, 부체(31)의 아래로부터 나와 있는 선은 송전선(34)을 나타내고 있다. 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설(10)이 구비하고 있는 회동요동 억제장치(20)의 구조에 대하여, 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0043] 도 2는, 본 실시 형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설(10)의 회동요동 억제장치(20)의 구조를 나타내는 요부 측면도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이, 회동요동 억제장치(20)는, 바람에 의해 회전되는 로우터(11)와, 로우터(11)의 회전축(12)을 수용하는 나셀(13)과, 나셀(13)을 수면 또는 지면에 대하여 회동 가능하게 지지하는 회동좌(回動座) 베어링(회동수단)(14)을 갖는 타워(구조체)(15)와, 나셀(13)의 수면에 대한 회동요동을 억제하

는 요동억제수단(16)을 구비하여 구성되어 있다.

[0044] 로우터(11)는, 복수의 날개(18)가 방사상(放射狀)으로 되어 있는 허브(17)와, 허브(17)에 연결된 회전축(12)을 구비하고 있다. 회전축(12)은, 나셀(13) 내에 회전 가능하게 축지되어 있다. 로우터(11)가 바람을 받음으로써 회전축(12)이 회전하고, 나셀(13) 내에 설치되어 있는 발전기(도시하지 않음)에 의하여 발전을 행한다. 도 2에 있어서의 흰색 화살표(W)는 풍향을 나타내고 있다. 본 실시 형태의 회동요동 억제장치(20)에서는, 로우터(11)가 나셀(13) 보다 바람이 불어가는 쪽에 설치되어 있다. 이것에 의해, 회동좌 베어링(14)에 설치되어 있는 나셀(13)의 회동에 의해, 회전축(12)의 방향을 풍향과 맞추는 이른바 풍향계 효과를 효과적으로 생기게 할 수 있다.

[0045] 나셀(13)은 바람(W)을 받아 회전하는 회전축(12)을 그 내부에 수용하고 있다. 또, 도시 하지 않지만, 회전축(12)의 회전속도를 증가시켜 발전기에 전달하는 기어 박스 등, 풍력발전기가 구비하고 있는 발전을 위한 수단도 구비되어 있다. 그리고, 나셀(13)은, 타워(15)의 상부에 설치되어 있는 회동좌 베어링(14)에 의해, 해면(P)에 대하여 평행한 방향으로 회동 가능하게 지지되어 있다. 이것에 의해, 나셀(13)의 회동에 의하여 풍향(W)의 변화에 따라 회전축(12)의 방향을 변화시키고, 로우터(11)의 날개(18)의 회전면을 바람에 정대시킬 수 있다.

[0046] 요동억제수단(16)은, 로우터(11)가 회전하고 있을 때, 과량에 의해 연직방향의 힘이 더해졌을 때에 자이로 효과에 의해 생기는 나셀(13)의 회동요동을 억제하기 위한 것이다. 이러한 자이로 효과에 의한 나셀(13)의 회동요동에 착안하여, 요동억제수단(16)이 설치되어 있다. 상기 요동억제수단(16)에 의해 나셀(13)의 회동요동을 억제할 수 있기 때문에, 부체식 해상 풍력발전시설(10)의 발전 효율이나 기기의 내구성을 향상시키는 것이 가능해진다. 한편, 본 실시 형태에서는 타워(15)에 요동억제수단(16)을 설치하고 있지만, 나셀(13) 측에 요동억제수단(16)을 설치해도 좋다.

[0047] 한편, 회동요동 억제장치(20)를 부체식 해상 풍력발전시설(10)이 아니고, 육상의 풍력발전장치에 설치하는 경우, 나셀(13)은, 회동좌 베어링(14)에 의해 지면에 대하여 회동 가능하게 지지되게 된다. 그리고, 어떠한 이유에 의해 연직방향의 모멘트가 부가된 경우에 요동억제수단(16)으로 나셀(13)의 회동요동을 억제할 수 있다. 또, 전술한 풍향계 효과는, 요동억제수단(16)의 부하 경감에도 도움이 된다.

[0048] 계속하여, 해상에 있어서, 부체식 해상 풍력발전시설(10)의 나셀(13)에 자이로 효과에 의한 회동요동이 발생하는 기구에 대하여, 도 1 및 도 3을 참조하여 설명한다. 자전하고 있는 물체가, 자전축과 직교하는 방향으로 회전운동 하면, 각각 직교하는 방향으로 모멘트가 작용한다. 이것을 자이로 모멘트라고 부른다. 이러한 자이로 모멘트가 생기는 효과를 자이로 효과라고 한다.

[0049] $\Omega \times L = T$

[0050] Ω : 자전축을 움직이는 회전속도

[0051] L: 자전축 각운동량

[0052] T: 자이로 모멘트

[0053] 로우터(11)가 회전운동(L)을 하고 있는 경우에 있어서, 해면(P)의 과량에 의하여 부체(31)에 복원력을 수반하는 운동인 피칭 요동(Ω)이 생기면, 로우터(11)는 자전축(S)에 직교하는 연직방향으로 회전운동 하게 된다. 이것에 의해, 로우터(11)의 자전축(S)과 연직방향의 양쪽에 직교하는 수평 방향으로 자이로 모멘트가 작용하게 된다. 부체식 해상 풍력발전시설(10)에서는, 회동좌 베어링(14)에 의해 나셀(13)이 회동 가능하게 되어 있기 때문에, 이러한 자이로 모멘트에 의해, 도 1중에 T로 나타난 방향으로 나셀(13)의 회동이 생긴다.

[0054] 도 3은, 해상에서의 풍향의 변화와, 과량의 영향에 의한 물위의 부체의 흔들림 각도와와의 관계를 나타내는 것이고, (a)는 풍향의 변화를 나타내는 그래프이며, (b)는 흔들림 각도의 변화를 나타내는 그래프이다. (a)의 그래프 중 파선(破線)으로 둘러싼 부분과 (b)의 그래프는, 모두 1시간 동안의 변화를 나타내고 있다. 도 3(a)(b)의 그래프의 비교에 의하면, 풍향의 변화는 긴 시간을 들여 생기며, 과량의 영향에 의한 흔들림각의 변화는 짧은 시간에 생기는 것을 알 수 있다. 즉, 풍향의 변화에 수반하는 나셀(13)의 회동 속도는 늦고, 과량의 영향 등에 기인하는 자이로 효과에 의한 나셀(13)의 회동요동의 속도는 빠르다.

[0055] 이와 같이, 과량의 영향에 의한 흔들림각의 각도는 짧은 주기로 변화하기 때문에, 자이로 효과에 의하여 나셀(13)의 회동요동이 야기 되게 된다. 상기 나셀(13)의 회동요동이, 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성에 대한 악영향의 원인이 된다.

- [0056] 따라서, 풍향의 변화에 수반되는 나셀(13)의 회동을 가능하게 하면서, 자이로 효과에 의한 나셀(13)의 회동요동을 선택적으로 억제하기 위해서는, 요동억제수단(16)으로서, 나셀(13)의 회동의 속도에 따라 저항이 변화하는 것을 이용하는 것이 바람직하다. 이것에 의해, 비교적 장시간을 들여 변화하는 풍향 변화에 기인하는 회동좌베어링(14)에 지지되어 있는 나셀(13)의 낮은 회동에 대하여 감쇠 효과가 생기지 않게 하여, 이른바 풍향계 효과를 발휘시킬 수 있다. 또, 파랑에 의하여 일어나는 주기가 회전속도가 짧은 나셀(13)의 회동요동에 대해서는 감쇠 효과를 생기게 하여, 선택적으로 억제할 수 있다.
- [0057] 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설(10)은, 요동억제수단(16)에 의해 나셀(13)의 회동요동을 억제할 수 있기 때문에, 상기의 악영향을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0058] 요동억제수단(16)을 구비한 회동요동 억제장치(20)를 이용함으로써, 파랑에 기인하는 부체(31)의 피칭 동요에 의한 자이로 효과에 의하여 나셀(13)에 회동요동이 생기는 것을 억제할 수 있다. 또한, 나셀(13)의 회동요동을 억제함으로써, 자이로 효과의 역작용에 의한 부체(31)의 피칭 요동도 억제하는 것이 가능해진다.
- [0059] 도 4a~도 4c는 유압 댐퍼의 개략적인 구성을 나타내고 있고, 도 4a는 사시도, 도 4b는 정면도, 도 4c는 도 4b의 AA에서 본 단면도이다. 이들 도면에 나타내는 바와 같이, 유압 댐퍼(160)는, 본체 케이스(161)와 캡(162)에 의해 둘러싸인 내부에 회전체(163)와 오일(164)을 구비하고 있다. 유압 댐퍼(160)는, 오일(164)의 점성 저항에 의하여 생기는 제동력을 이용한 댐퍼이다. 본체 케이스(161)와 회전체(163)와의 간극, 오일(164)의 접촉 면적, 오일(164)의 점성 등을 조정함으로써, 회전체(163)의 회전에 대한 제동 토크(저항)를 변화시킬 수 있다. 또, 회전체(163)의 회전속도와 제동 토크의 사이에는, 회전속도가 높아지면, 제동 토크는 높아지고, 회전속도가 낮아지면 제동 토크도 낮아진다는 관계가 있다.
- [0060] 유압 댐퍼(160)를 이용한 경우, 오일(164)의 점성 저항을 이용하고 있으므로, 마모 등 경시적인 특성의 변화가 적어도 되는 이점을 가지고 있다. 온도에 의한 점성 변화의 영향을 줄이는 것은 오일(164)의 종류를 선택함으로써 가능하지만, 예를 들면 오일(164)을 바람에 의해 냉각할 수 있는 구성으로 하고, 강풍시에는 오일(164)의 열이 빼앗겨 점도를 높게 하여 제동 토크를 높이도록 해도 좋다.
- [0061] 도 5a 및 도 5b는 마찰 댐퍼의 개략적인 구성을 나타내고 있고, 도 5a는 사시도, 도 5b는 정면도이다. 이들 도면에 나타내는 바와 같이, 마찰 댐퍼(165)는, 회전축(166)의 외측면에 접하도록 설치되어 있는 마찰재(167)와, 마찰재(167)를 둘러싸도록 설치되어 있는 회전축 이음재(168)를 소정 방향으로 누르는 탄성체(169)를 구비하고 있다. 마찰 댐퍼(165)는, 회전축(166)과 마찰재(167)와의 사이의 마찰 저항에 의하여 생기는 제동력을 이용한 댐퍼이다. 회전축(166)과 마찰재(167)와의 사이의 마찰 저항, 접촉 면적 등을 조정함으로써, 제동 토크(저항)를 변화시킬 수 있다. 또, 회전축(166)의 회전속도와 제동 토크의 사이에는, 회전속도가 높아지면 제동 토크는 높아지고, 회전속도가 낮아지면 제동 토크도 낮아진다고 하는 관계가 있다.
- [0062] 마찰 댐퍼(165)를 이용한 경우는, 실(seal)부 등이 불필요하여 구성을 간략화할 수 있고, 주위 온도의 변화가 큰 환경하에서는 비교적 안정되어 특성을 유지할 수 있는 이점을 가지고 있다. 또, 마찰재(167)의 마모에 의한 치수 변화에 대하여, 탄성체(169)의 미는 힘으로 대응하여 제동력을 일정하게 유지할 수 있다. 즉, 마찰재(167)의 치수가 마찰에 의해 변화한 경우이더라도, 탄성체(169)가 마찰재(167)를 힘을 가함으로써, 회전축(166)과 마찰재(167)와의 사이의 마찰 저항이 일정하게 되도록 유지할 수 있다.
- [0063] 부체(31)는 수중에 있어서, 계류삭(32)에 의해 해저(B)에 설치되어 있는 앵커(33)에 부체(31)의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하는 계류방식으로 계류되어 있다. 이 때문에, 부체(31)의 수중에서의 회전이 억제된다. 이러한 계류방식에 대해서는, 나중에 설명한다.
- [0064] 나셀을 풍향에 맞추기 위한 나셀의 회전운동을 능동적으로 제어하는 장치를 구비한 부체식 해상 풍력발전시설이 있다. 이와 같은 시설에서는, 풍향에 맞춘 위치 즉 회전면이 바람에 정대하는 위치에 있어서, 풍차가 부체에 일시적으로 고정되어 유지되어 있다. 이 때문에, 풍차의 로우터의 자이로 효과에 기인하는 자이로 모멘트에 의해, 연직방향을 회전축으로 하는 부체의 회전운동이 발생하려 한다. 그래서, 이러한 회전운동을 구속하는 방식의 계류가 상기 회동요동을 억제한다. 이것에 의해, 부체식 해상 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성으로의 악영향을 억제할 수 있다.
- [0065] 그러나, 나셀의 회전운동을 능동적으로 제어하는 장치를 생략하고 풍향계 효과에 의하여 나셀을 풍향에 맞추는 방식의 부체식 해상 풍력발전시설도 있다. 이와 같은 시설에 있어서는, 풍차의 로우터의 회전축은 부체에 대하여 자유롭게 회동 가능한 상태로 지지되어 있다. 이 때문에, 부체의 회동요동을 억제해도, 나셀에 생긴 자이로 효과에 의한 회동요동을 억제할 수 없다. 그래서, 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설(10)에서는, 요동

억제수단(16)을 설치함으로써, 자이로 효과에 의해 나셀(13)에 생기는 회동요동을 억제하고 있다.

[0066] 부체(31)의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하는 계류방식에 대하여, 도 6a, 도 6b 및 도 7을 참조하여 이하에 설명한다.

[0067] 도 6a 및 도 6b는, 본 실시 형태에 따른 부체의 계류 장치의 구성을 나타내고 있고, 도 6a가 상면도, 도 6b가 측면도이다. 여기서, 도 6a는, 상기 부체의 계류 장치를 수평면상에 투영한 도면으로 되어 있다. 부체(31)에는, 복수의 계류삭(32)의 일단이 접속된다. 각 계류삭(32)의 타단은, 수중에 설치된 앵커(33)에 접속되어 있다.

[0068] 부체(31)는 대략적인 원통 형상으로 형성되어 있다. 부체(31)를 수평면에 투영했을 때에, 대략적인 원통 형상에 있어서의 원의 원주상의 2점을 각각의 일단으로서 접속되는 2개의 계류삭(32)으로 이루어지는 계류삭 쌍이 이용되고 있다. 2개의 계류삭(32)은, 각각이 원의 대략적인 접선으로 되는 형상으로 되며, 동일 축으로 연장되는 형태가 되도록 구성되어 있다. 이것에 의해, 요동억제수단(16)이 회동요동을 억제했을 때, 부체(31)에 힘이 부가됨으로써 부체(31)에 회동요동이 생기는 것을 막을 수 있다.

[0069] 여기서, 오른쪽 아래의 앵커(33)에 접속된 2개의 계류삭(32)과 부체(31)와의 관계를, 도 6a의 상면도(수평면상의 투영도)에서 나타낸 것이 도 7이다. 2개의 계류삭(32)의 일단은, 각각 부체(31)의 원주상의 점(A, B)에 접속된다. 각 계류삭(32)은, 점(A), 점(B)에 있어서의 접선(L1, L2)의 형태를 이루어 배치되어 있다.

[0070] 이 구성에서, 부체(31)에 있어서 그 중심(C) 둘레의 회전운동이 발생했을 경우, 이러한 2개의 계류삭(32) 중 한 쪽이 연장되어 장력(張力)이 작용한다. 부체(31)의 반경을 r , 부체(31)의 회전 각도를 $\Delta\theta$ 로 한 경우, 상면에 있어서의 상기 연장된 축의 계류삭(32)의 연장량(ΔL)은, (1)식으로 부여된다.

[0071] [식 1]

$$\Delta L = r \times \Delta\theta$$

[0072]

[0073] 혹 법칙에 의해, 이 경우에 부체(31)의 접선 방향에서의 장력(T)은, 계류삭(32)의 용수철 계수를 k 로 하면 (2)식으로 부여된다. 이러한 연장에 의해 발생하는 토크(N)는 (3)식으로 부여된다.

[0074] [식 2]

$$T = k \cdot \Delta L$$

[0075]

[0076] [식 3]

$$N = T \cdot r$$

[0077]

[0078] 2개의 계류삭(32)의 구성을 도 7과 같이 하면, 어느 쪽의 회전방향이라도, 회전운동에 반발하는 토크를 일으키게 할 수 있다. 이 때문에, 상기 부체(31)의 회전운동이 억제된다.

[0079] 한편, 도 6a 및 도 6b에 있어서는, 각 계류삭(32)이 도 7에 있어서의 접선(L1, L2)의 형태를 이루도록 설정했다. 그러나, 각 계류삭(32)을 도 7에 있어서의 L3, L4(파선(破線))의 형태로 해도, 같은 효과를 가져오는 것은 분명하다.

[0080] 이것에 대하여, 단순한 종래의 긴장 계류방식에 있어서의 구성을 도 8a 및 도 8b에 나타낸다. 동 도면에 나타내는 3방향으로 방사상으로 연장된 계류삭(32)에 의하여, 부체(31)의 수평 방향의 운동(부유)이 억제되는 것은 분명하다. 그렇지만, 그 상면도(도 8a)에 있어서는, 부체(31)의 회전 방향(원주 방향)과 계류삭(32)과의 이루는 각도는 거의 수직으로 되기 때문에, 그 회전운동을 억제하는 것은 곤란하다. 이 때문에, 도 8a 및 도 8b에 나타낸 계류방식은, 부체(31)의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 계류방식에 해당하는 것이다.

[0081] (제 2의 실시형태)

[0082] 본 발명의 제 2의 실시형태에 대하여, 도 9를 참조하여 이하에 설명한다. 본 실시 형태의 풍력발전시설의 회동요동 억제장치는, 로우터에 코우닝 각을 부여한 구성에 있어서, 제 1의 실시형태의 회동요동 억제장치와 상위하다. 한편, 제 1의 실시형태에서 설명한 부체에 대해서는, 같은 번호를 붙이고 본 실시 형태에서는 설명을 생략한다.

- [0083] 도 9는, 본 실시 형태에 의한 풍력발전시설의 회동요동 억제장치(30)의 구조를 나타내는 요부 측면도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 회동요동 억제장치(30)는, 나셀(13)이 로우터(11)보다 바람이 불어 오는 쪽에 설치되어 있다. 또, 로우터(11)에 코우닝 각(α)이 부여되어 있다. 여기서, 코우닝 각(α)이란, 날개(18)의 허브(17) 접속부(18A)와 선단부(18B)를 연결한 일점쇄선으로 나타낸 직선과, 도면 중에 일점쇄선으로 나타낸 연직선(V)과의 각도를 말한다.
- [0084] 이 구성에 의하면, 풍향(W)의 변화에 따라, 수평 방향으로 자유 회동 가능한 상태로 회동좌 베어링(14)에 지지되어 있는 나셀(13)이 자동적으로 회동하여 로우터(11)의 회전축(12)을 풍향과 일치시키는 풍향계 효과를 향상시킬 수 있다. 한편 회전축(12)의 축방향과 풍향이 일치하고 있을 때는, 로우터(11)의 회전면 즉 날개(18)의 선단부(18B)의 궤적에 의해 형성되는 평면이 풍향에 대하여 대략 직각으로 되어 있다.
- [0085] 또, 풍향계 효과의 향상은, 요동억제수단(16)의 한층 더 부하 경감에도 도움이 되고 있다.
- [0086] 본 발명을, 회동요동 억제장치(30)를 구비한 부체식 해상 풍력발전시설(도 1 참조)로서 실시하는 경우, 바람을 받아 기운 발전 상태에서의 로우터(11)의 회전축(12)이 수평면(H)상에 위치하도록 구성하는 것이 바람직하다. 이러한 구성에 대하여, 도 10a 및 도 10b를 참조하여 설명한다.
- [0087] 도 10a 및 도 10b는, 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설에 구비된 회동요동 억제장치(30)의 개략적인 구성을 나타내고 있고, 도 10a는 바람을 받은 상태에서의 측면도이며, 도 10b는 바람을 받지 않은 상태에서의 측면도이다. 본 실시 형태의 회동요동 억제장치(30)는, 도 10a에 나타내는 바와 같이, 바람을 받아 기운 발전 상태에서의 로우터(11)의 회전축(12)(축방향의 직선을 S로 나타낸다)을 수평면(H)상에 위치시킴으로써, 회전축(12)의 회전축 방향을 풍향(W)에 일치시킬 수(양자를 평행하게 하는 것)가 있다. 이 때문에, 도 10b에 나타내는 바와 같이, 바람을 받지 않은 상태에 있어서는, 로우터(11)의 회전축(12)(직선 S)이 수평면(H)에 대하여 소정각(β)을 가지도록 하여 나셀(13)은 타워(15)에 지지되어 있다.
- [0088] 소정각(β)은, 부체식 해상 풍력발전시설에 의한 발전 효율이 양호하게 되도록, 가장 일반적인 풍속에 기초하여 설정하면 좋다. 또, 풍속에 따라 소정각(β)이 최적인 각도가 되도록, 소정각(β)을 변화시키는 소정각(β) 제어수단을 구비한 구성으로 해도 좋다.
- [0089] 도 10a 및 도 10b를 참조하여 설명한 상기의 구성은, 제 1의 실시형태에 있어서 설명한 회동요동 억제장치(20)를 이용한 부체식 해상 풍력발전시설에 있어서도 이용할 수 있다.
- [0090] (제 3의 실시형태)
- [0091] 본 발명의 제 3의 실시형태에 대하여, 도 11 및 도 12를 참조하여 이하에 설명한다. 본 실시 형태에서는, 본 발명을 부체식 해상 풍력발전시설로서 실시하는 경우에 대하여 설명한다. 한편 제 1 또는 제 2의 실시형태에 있어서 설명한 부체에 대해서는, 같은 번호를 붙이고 본 실시 형태에서는 설명을 생략한다.
- [0092] 도 11은, 본 실시 형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설(40)의 개략적인 구성을 나타내는 사시도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이 부체식 해상 풍력발전시설(40)은, 나셀(13)과 구조체(41)를 일체로 하고, 나셀(13)이 구조체(41)에 대하여 회동하지 않게 구성한 것이다. 구조체(41)는, 물에 뜨는 것으로서, 그 상단에는 나셀(13)이 고정되어 있고, 그 하단이 회동수단(42)을 통하여 해저(B)의 앵커(43)에 연결되어 있다. 상기 회동수단(42)은, 구조체(41)가 풍향(W)의 변화에 따라 회동 가능해지도록 구조체(41)를 앵커(43)에 연결함으로써, 구조체(41)에 풍향계 효과를 발휘시키는 것이다.
- [0093] 구조체(41)의 외측에는 유체역학적 댐퍼(44)가 설치되어 있다. 구조체(41)는 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 계류방식에 의해 계류된 것이다. 상기 유체역학적 댐퍼(44)를 수중에 위치시킴으로써, 요동억제수단으로서의 기능을 다할 수 있다. 즉, 날개 형상의 유체역학적 댐퍼(44)의 물에 대한 저항은, 구조체(41)의 낮은 회동에 대해서는 작아지고, 빠른 회동에 대해서는 커진다. 이 때문에, 빠른 회동인 자이로 효과에 의한 구조체(41)의 회동을 선택적으로 감쇠시켜 억제할 수 있다. 이와 같이 구조체(41)에 유체역학적 댐퍼(44)를 형성함으로써 구조체(41)의 자이로 효과에 의한 회동요동을 억제할 수 있다. 한편 구조체(41)의 회동요동을 억제하기 위해서 유압 댐퍼(160)(도 4a~도 4c 참조)나 마찰 댐퍼(165)(도 5a 및 도 5b 참조)를 아울러, 구조체(41)에 형성하는 것으로 해도 좋다. 또, 구조체(41)는 계류삭 등에 의한 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 다른 계류방식을 병용하여 계류할 수도 있다.
- [0094] 한편, 본 실시 형태에서는 부체식 해상 풍력발전시설에 유체역학적 댐퍼(44)를 적용한 예를 나타냈지만, 유체역학적 댐퍼(44)를 예를 들면 지상 설치형의 풍력발전시설에 적용하는 것도 가능하다. 이 경우, 구조체가 지면에

대하여 회동 가능하게 되도록, 구조체가 풀(pool)에 떠오른 상태로 회동수단을 지지한 후, 주위에 설치된 풀 안의 물과 유체역학적 댐퍼(44)를 상호 간섭시킨다. 이것에 의해, 지상 설치형의 풍력발전시설에 있어서도, 유체역학적 댐퍼(44)는 요동억제수단으로서의 기능을 완수할 수 있다.

- [0095] 도 12는, 본 실시 형태에 의해 상술한 부체식 해상 풍력발전시설(40)과는 다른 구성을 구비한 부체식 해상 풍력발전시설(50)의 개략적인 구성을 나타내는 사시도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이, 부체식 해상 풍력발전시설(50)은, 구조체(51)의 상부(51A)와 나셀(13)을 일체로 하고, 구조체 상부(51A)와 구조체 하부(51B)와의 사이에 회동수단(42)을 설치한 것이다. 또, 구조체(51)는 회동수단(42)보다 아래쪽에 위치하는 구조체 하부(51B)에 있어서, 복수의 계류삭(54)에 의해 해저(B)의 앵커(43)에 고정되어 있다.
- [0096] 이 구성에 의해, 회동수단(42)에 의해 구조체 상부(51A)가 풍향(W)의 변화에 따라 회동 가능해지기 때문에, 풍향계 효과를 발휘할 수 있다. 그리고, 구조체(51) 내부에 구비되어 있는 요동억제수단(16)에 의해 자이로 효과에 의한 나셀(13)의 회동요동을 억제할 수 있다.
- [0097] 또, 구조체 상부(51A)는 계류삭 등에 의한 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 다른 계류방식을 병용하여 계류할 수도 있다.
- [0098] (제 4의 실시형태)
- [0099] 본 발명의 제 4의 실시형태에 대하여, 도 13을 참조하여 이하에 설명한다. 본 실시 형태에서는, 부체의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 계류방식으로 부체식 해상 풍력발전시설을 계류하는 구성에 대하여 설명한다. 한편 제1~3의 실시형태에 있어서 설명한 부체에 대해서는, 같은 번호를 붙이고 본 실시 형태에서는 설명을 생략한다.
- [0100] 도 13은, 본 실시 형태에 의한 부체식 해상 풍력발전시설의 개략적인 구성을 나타내는 사시도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설(60)의 부체(31)는, 이른바 카테너리 방식으로 계류삭(32)에 의해 해저(B)에 계류되어 있다. 따라서, 부체(31)는 중심축 회전에 있는 정도의 범위에서 회동요동할 수 있다. 즉, 부체(31)는 그 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 계류방식으로 계류되어 있다. 이 때문에, 자이로 효과에 의하여 생기는 나셀(13)의 부체(31)에 대한 회동요동을 요동억제수단(16)에 의하여 구속해도 부체(31)는 중심축 회전에 있는 정도의 범위에서 회동요동할 수 있다. 이 결과, 나셀(13)의 회동요동을 계류삭(32)에 의해 억제할 수 없다. 그러나, 부체식 해상 풍력발전시설(60)의 부체(31)에는, 날개형상의 유체역학적 댐퍼(64)가 복수 설치되어 있다. 상기 유체역학적 댐퍼(64)에 의하여, 부체(31)에 회동요동이 생기는 것을 억제할 수 있다.
- [0101] 이와 같이, 부체의 중심축 둘레의 회전운동을 억제하지 않는 계류방식으로 부체식 해상 풍력발전시설을 계류하는 구성으로 하는 경우, 회동좌 베어링(14)에 있어서의 나셀(13)의 회동요동을 억제하기 위한 요동억제수단(16)과, 부체(31)의 회동요동을 억제하기 위한 유체역학적 댐퍼(64)를 조합한 구성으로 하는 것은, 자이로 효과에 기인하는 나셀(13)과 부체(31)의 회동요동을 억제하기 위해서 유효하다.
- [0102] 본 실시 형태의 부체식 해상 풍력발전시설(60)에서는, 2장의 유체역학적 댐퍼(64)가 부체(31)를 사이에 두고 대향하도록 배치되어 있다. 즉, 2장의 유체역학적 댐퍼(64)의 부체(31)로의 부착부를 연결한 선이 부체(31)의 수평면에 평행한 단면의 대략 중심을 통과하도록 배치되어 있다. 이것은, 유체역학적 댐퍼(64)가 부체(31)의 피칭 요동이 아닌 회전 요동을 억제하기 위해서 설치된 것에 의한다. 즉, 부체식 해상 풍력발전시설(60)의 유체역학적 댐퍼(64)는, 외부의 물과의 상호 간섭에 의해 부체(31)의 회전 요동의 저항이 되도록 설치된 것이다. 따라서, 피칭 요동의 억제를 목적으로 한 것과 같이 3개 이상을 설치할 필요가 없다. 이 때문에, 유체역학적 댐퍼(64)는 1장이라도 그 기능을 다한다. 다만, 그 수를 3개 이상으로 해도 상기의 기능을 다하기 때문에, 유체역학적 댐퍼(64)의 수를 3개 이상으로 해도 좋다.
- [0103] 이 실시형태에 있어서는, 요동억제수단(16)에 대신하여, 나셀의 회전운동을 능동적으로 제어하는 장치를 구비했을 때에도, 유체역학적 댐퍼(64)에 의하여, 부체(31)에 회동요동이 생기는 것을 억제할 수 있다.
- [0104] 한편, 유체역학적 댐퍼(64)는, 주위의 부체와의 상호 간섭에 의해 유체역학적인 작용을 생기게 하여 요동억제수단으로서의 기능을 다하는 것이다. 이 때문에, 구조체 자신의 단면 형상을 예를 들면 각형으로 하거나 요철이 많은 형상으로 형성하거나 하여 구성해도 좋다.
- [0105] 산업상의 이용 가능성
- [0106] 본 발명은, 풍력발전시설에 있어서의 발전 효율이나 기기의 내구성을 향상시키기 위한 장치로서 이용할 수

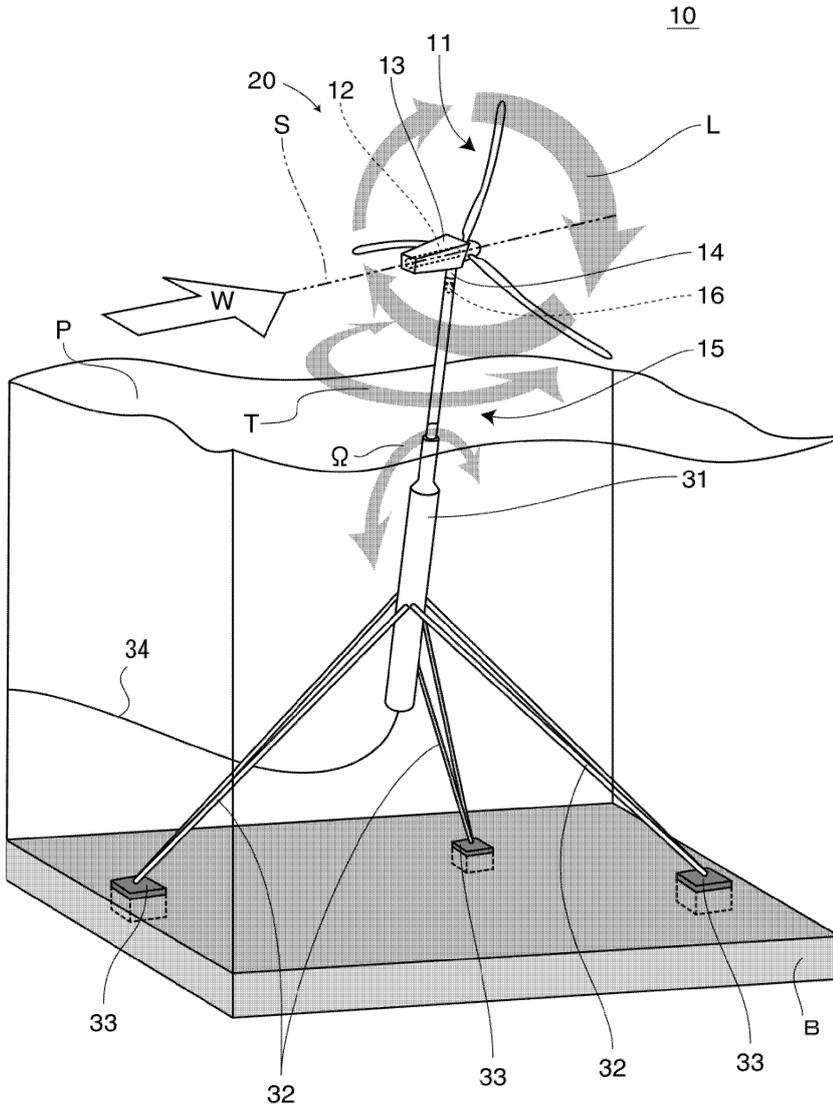
있다. 특히, 부체식 해상 풍력발전시설의 발전 효율이나 기기의 내구성을 향상시키기 위해서 유용하다.

부호의 설명

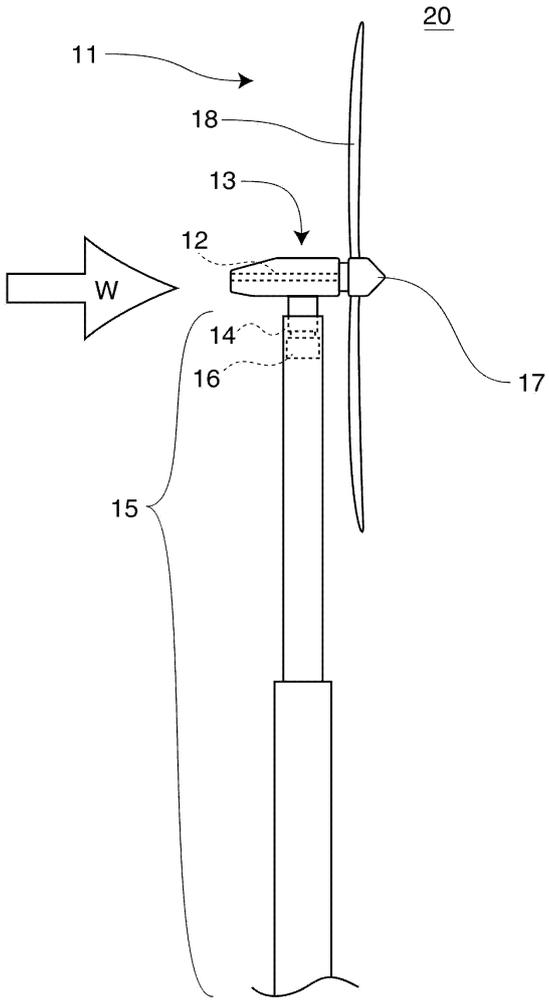
- [0107] 10, 40, 50, 60. 부체식 해상 풍력발전시설
- 11. 로우터
- 12. 회전축
- 13. 나셀
- 14. 회동좌 베어링(회동수단)
- 15. 타워(구조체)
- 16. 요동억제수단
- 160. 유압 댐퍼
- 165. 마찰 댐퍼
- 20, 30. 회동요동 억제장치
- 31. 부체
- 32. 계류삭
- 41. 구조체
- 42. 회동수단
- 44, 64. 유체역학적 댐퍼
- 51A. 구조체 상부
- 51B. 구조체 하부
- α. 코우닝 각
- β. 소정각

도면

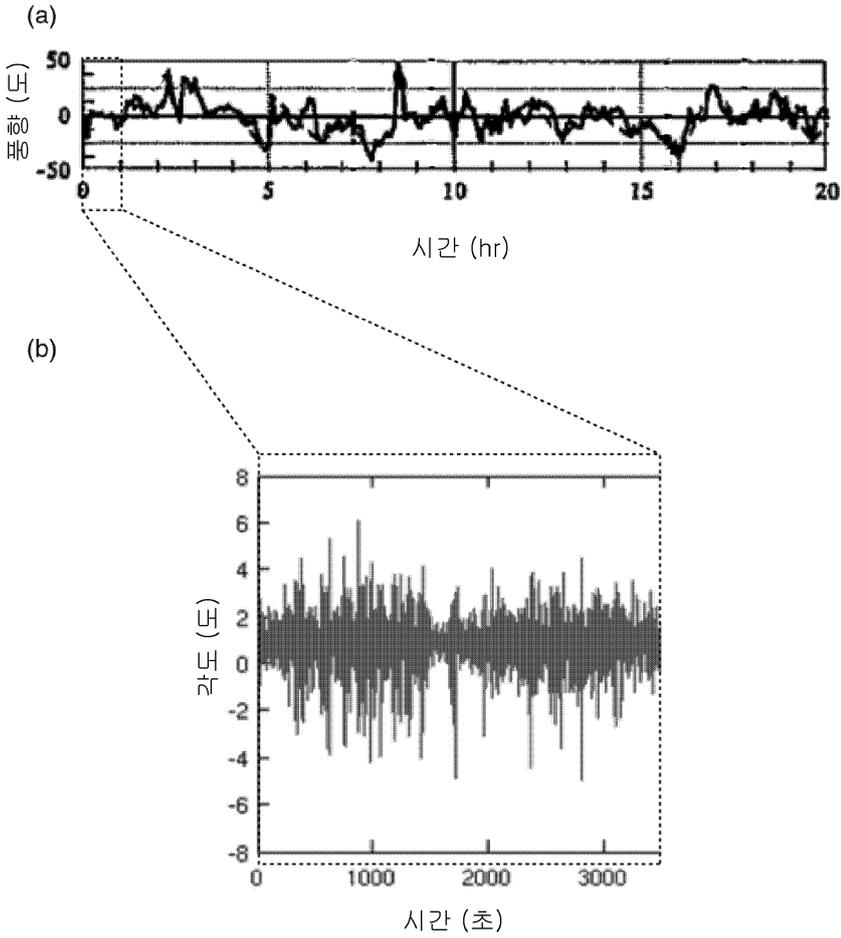
도면1



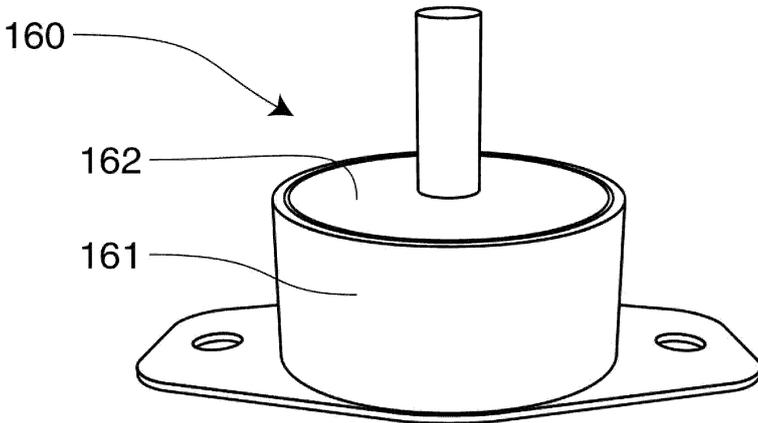
도면2



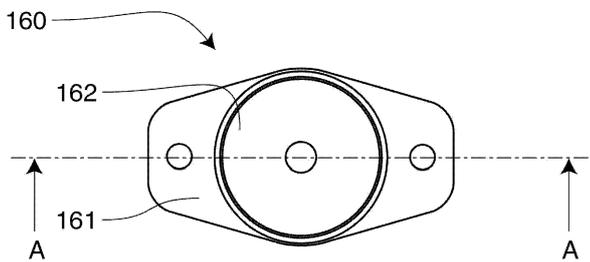
도면3



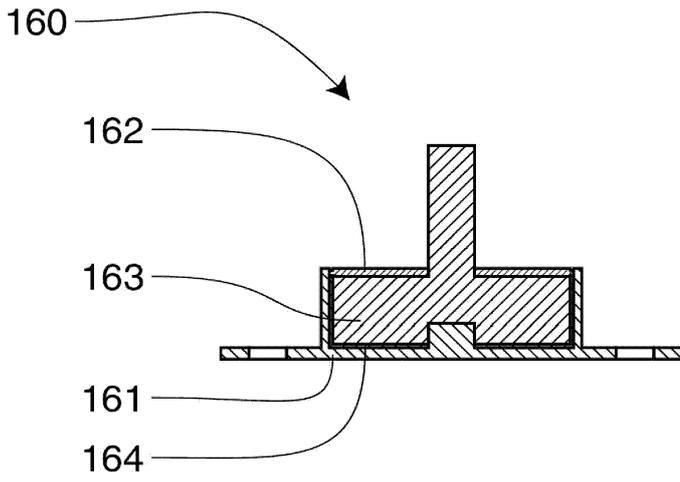
도면4a



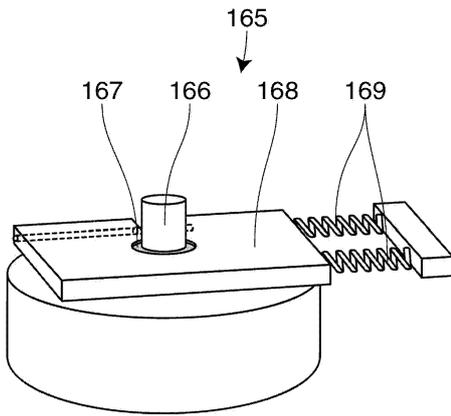
도면4b



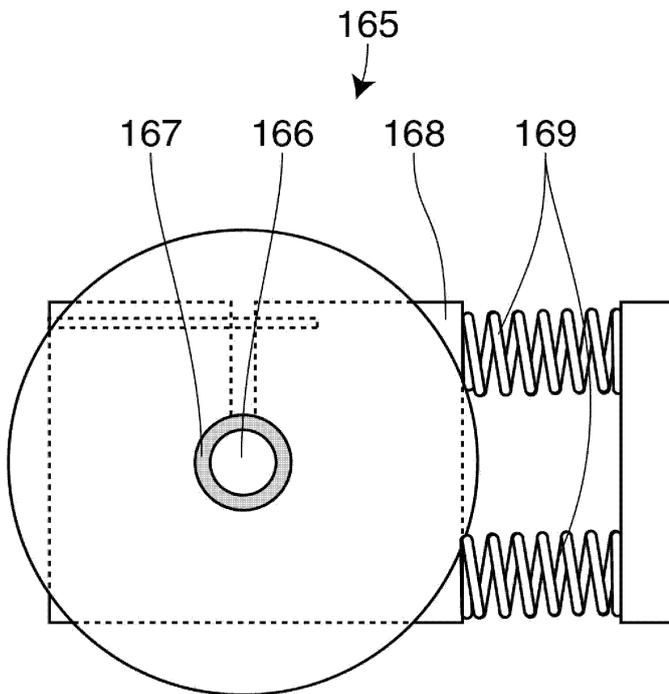
도면4c



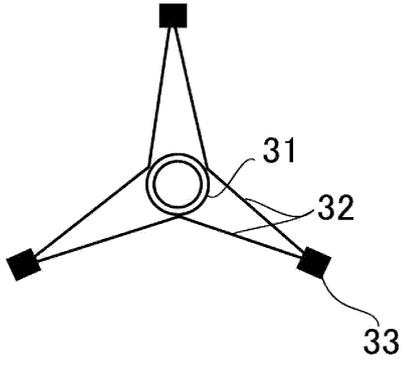
도면5a



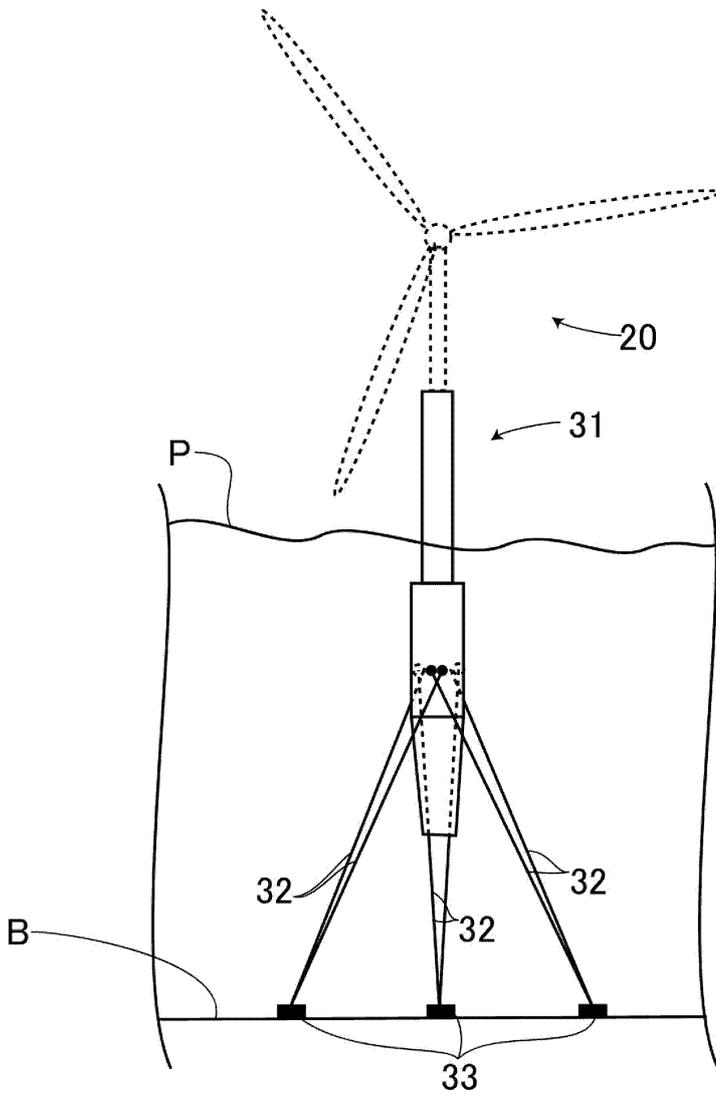
도면5b



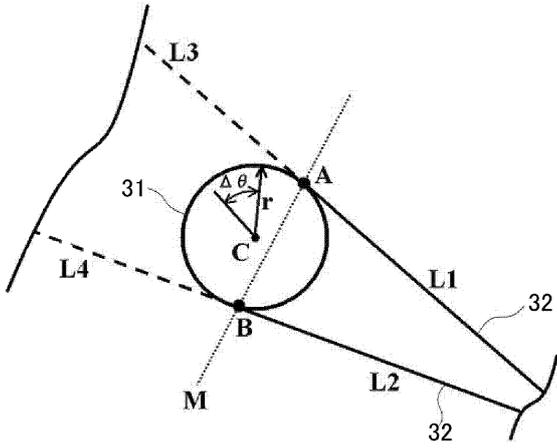
도면6a



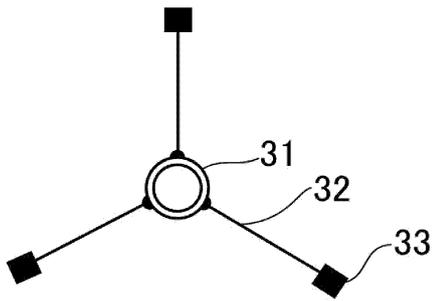
도면6b



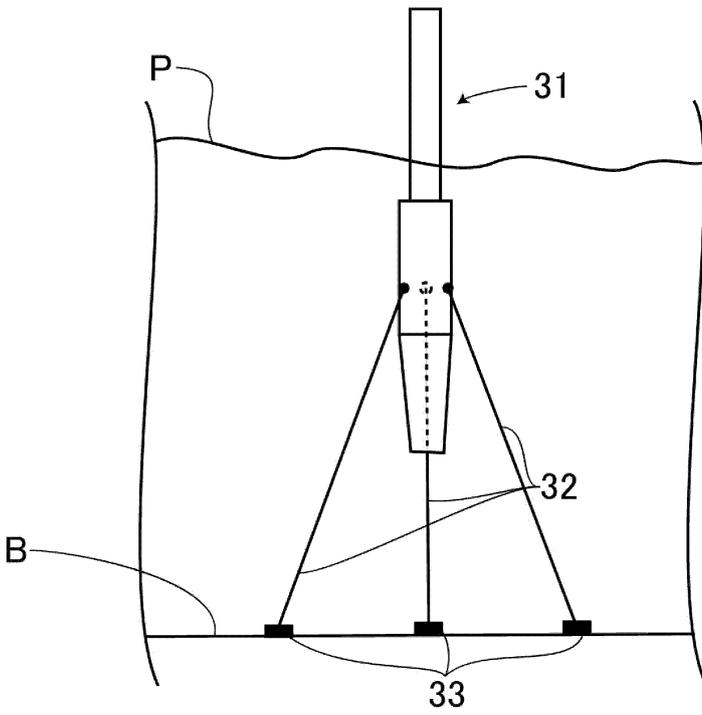
도면7



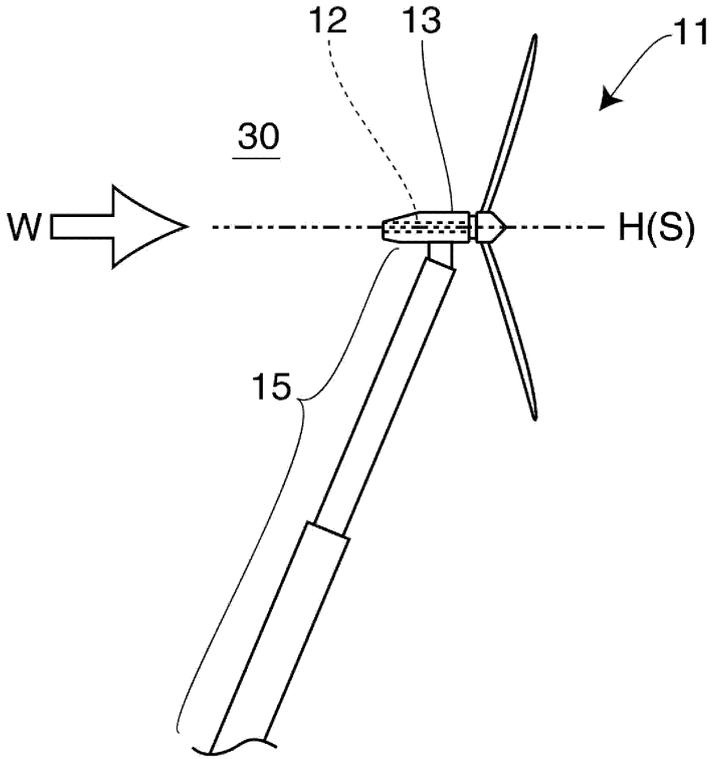
도면8a



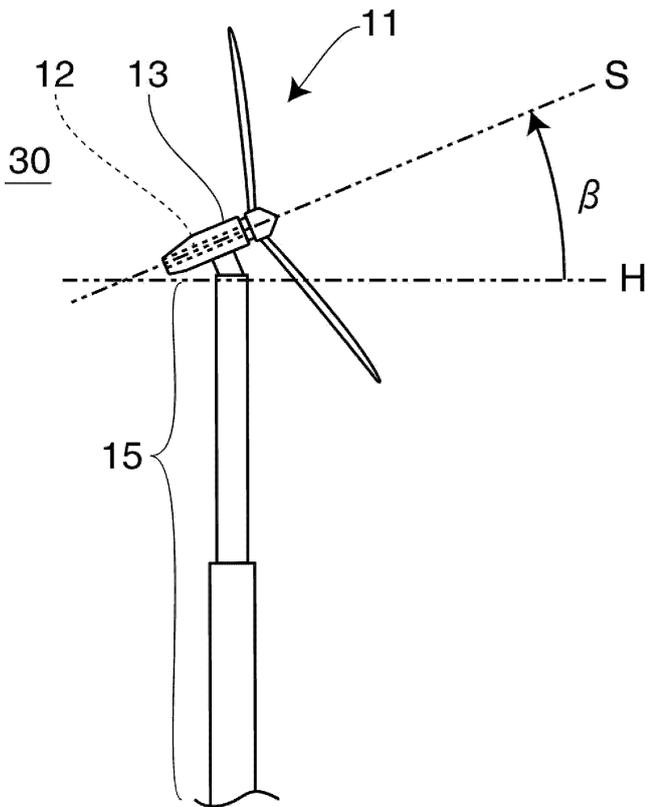
도면8b



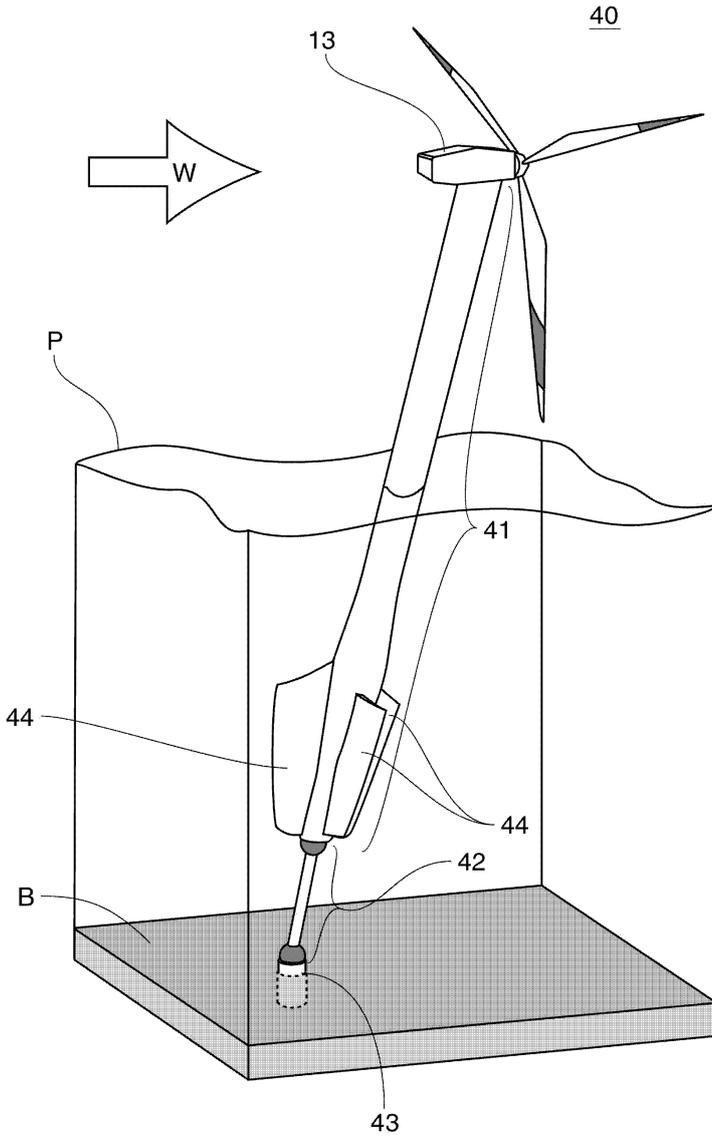
도면10a



도면10b



도면11



도면12

