(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0129609
(43) 공개일자 2024년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B63B 35/44 (2006.01) *B63B 1/10* (2006.01)
F03D 13/25 (2016.01)
(52) CPC특허분류
B63B 35/44 (2013.01)
B63B 1/107 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7018767
(22) 출원일자(국제) 2022년11월04일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년06월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/079338
(87) 국제공개번호 WO 2023/081849
국제공개일자 2023년05월11일
(30) 우선권주장
63/276,082 2021년11월05일 미국(US)
63/276,086 2021년11월05일 미국(US)

(71) 출원인
아이키도 테크놀로지스, 인코포레이티드
미국 캘리포니아 샌프란시스코 20 스트리트 3101 (우: 94110)
(72) 발명자
캐너, 샘
미국 94602 캘리포니아 오클랜드 돌로레스 애비뉴 4672
유, 빙빈
미국 94110 캘리포니아 샌프란시스코 20 스트리트 3101
리브스, 제임스
미국 94110 캘리포니아 샌프란시스코 20 스트리트 3101
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹

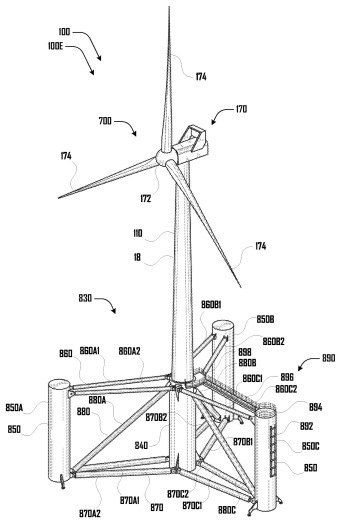
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 발명의 명칭 **부유식 풍력 터빈 시스템 및 방법**

(57) 요 약

제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들을 포함하는 헐 조립체를 포함하고, 복수의 외부 칼럼들은 중심 축(Y)을 둘러싸고 중심 축 주위에서 이격되는, 시스템.

대 표 도 - 도12



(52) CPC특허분류
F03D 13/256 (2023.08)
B63B 2035/446 (2013.01)
F05B 2240/932 (2023.08)
F05B 2240/95 (2013.01)
F05B 2240/97 (2013.01)
Y02E 10/72 (2020.08)
Y02E 10/727 (2020.08)

명 세 서

청구범위

청구항 1

나셀, 허브 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하는 타워로서, 상기 타워는 중심 축(Y)을 갖는 것과;

헐 조립체; 를 포함하는 시스템으로서,

상기 헐 조립체는:

중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것과;

3개 이하의 외부 칼럼들을 포함하고, 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 주위에서 동일하게 이격되며 각각의 인접한 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y) 주위에서 서로 120° 이고 상기 중심 축(Y)과 일치하는 3개의 대칭 평면을 규정할 수 있는 것과;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼의 상단부로부터 각각 연장되는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들과;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼의 하단부로부터 각각 연장되는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들과;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 각각의 상부 및 하부 트러스 부재들 사이에서 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하며,

상기 헐 조립체는, 상기 제1, 제2 및 제3 상부 트러스 부재들이 제1 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 상기 제1, 제2 및 제3 하부 트러스 부재들이 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 3개의 외부 칼럼들이 서로 평행한 각각의 외부 칼럼 중심 축을 가지는 연장 구성을 취하도록 구성되며;

상기 헐 조립체는 상기 연장 구성으로부터 접힘 구성을 취하도록 구성되며 여기서 상기 3개의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개는 상기 타워를 향해 그리고 상기 타워에 근접하여 위쪽으로 절첩되도록 구성되고; 상기 3개의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼은 상기 중심 칼럼의 베이스 아래에서 그리고 상기 중심 칼럼의 베이스에 근접하여 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는, 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 중심 칼럼 및 상기 3개의 외부 칼럼들은 상기 헐 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 시스템은 수역에서 상기 수역의 표면 상에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되며, 여기서 상기 헐 조립체는 상기 연장 구성에 있고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장되며, 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼은 상기 수역에 부분적으로 잠기며, 상기 시스템은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유되는, 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 직립 구성에 있어서의 상기 시스템은 8 내지 12m의 항구 드래프트 허용값 및 50 내지 70m의 에어 드래프트 허용값을 위반하지만, 접힘 수평 구성에 있어서의 시스템은 8 내지 12m의 항구 드래프트 허용값 및 50 내지 70m의 항구 에어 드래프트 허용값을 위반하지 않는, 시스템.

청구항 5

헐 조립체를 포함하는 시스템으로서,

상기 헐 조립체는:

중심 축(Y)을 갖는 중심 칼럼;

제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 상기 중심 칼럼 주위에서 동일하게 이격되는 것;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에서 대각선으로 각각 결합 및 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들;

을 포함하는, 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

터빈을 포함하는 상기 헐 조립체로부터 연장되는 타워를 더 포함하는, 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 헐 조립체는 3개 이하의 외부 칼럼을 포함하는, 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 헐 조립체는, 상기 제1, 제2 및 제3 상부 트러스 부재가 제1 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 상기 제1, 제2 및 제3 하부 트러스 부재가 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되는 연장 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

상기 헐 조립체는 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개가 위쪽으로 절첩되도록 구성되고 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼이 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는 접힘 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

청구항 10

헐 조립체를 포함하는 시스템으로서,

상기 헬 조립체는:

제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 중심 축(Y)을 둘러싸고 주위에서 이격되는 것

을 포함하는, 시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

을 더 포함하는, 시스템.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들;

을 더 포함하는, 시스템.

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에서 대각선으로 각각 결합 및 연장되는, 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들;

을 더 포함하는, 시스템.

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 헬 조립체로부터 연장되는 타워를 더 포함하는, 시스템.

청구항 15

청구항 10에 있어서,

상기 헬 조립체는 3개 이하의 외부 칼럼을 포함하는, 시스템.

청구항 16

청구항 10에 있어서,

상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 헬 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 시스템.

청구항 17

청구항 10에 있어서,

상기 헬 조립체는 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개가 위쪽으로 절첩되도록 구성되고 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼이 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는 접힘 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

청구항 18

청구항 10에 있어서,

상기 헐 조립체는, 복수의 상부 트러스 부재들이 제1 공통 평면에서 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 복수의 하부 트러스 부재들이 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되는 연장 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 시스템은 수역에서 상기 수역의 표면 상에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되며, 여기서 상기 헐 조립체는 상기 연장 구성에 있고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장되며, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 수역에 적어도 부분적으로 잠기며, 상기 시스템은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유되는, 시스템.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 직립 구성에 있어서의 상기 시스템은 50 내지 70m의 항구 드래프트 허용값을 위반하지만, 접힘 구성에 있어서의 상기 시스템은 50 내지 70m의 항구 드래프트 허용값을 위반하지 않는, 시스템.

청구항 21

순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 -7° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은:

- 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하는 상기 타워로서, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 정적 경사 각도를 갖고 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는 것; 및

- 헐 조립체; 를 포함하며,

상기 헐 조립체는:

중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것;

제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 그 주위에서 동일하게 이격되는 것;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에 각각 결합되고 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하며,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 수동적으로 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼은 상기 수역에 부분적으로 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 22

청구항 21에 있어서,

로터 경사 각도가 변화되도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 티터링 순풍 부유식 풍력 터빈으로서 작동하도록 구성되고, 로터 경사 각도가 변화되도록 하는 티터링식 허브를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 24

청구항 21에 있어서,

상기 중심 칼럼 및 상기 3개의 외부 칼럼들은 상기 헐 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 25

순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 -7° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 갖고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 26

청구항 25에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 헐 조립체를 포함하며,

상기 헐 조립체는:

중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것;

제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 적어

도 3개의 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 그 주위에서 동일하게 이격되는 것;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에 각각 결합되고 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들;

을 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 27

청구항 25에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 수역에 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 복수의 외부 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 28

순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

수역 내에서 부유하는 상기 풍향 부유식 풍력 터빈은 범위 내에서의 평균 힐 각도를 가정하는 단계로서, 상기 평균 힐 각도는 바람의 방향으로 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 것; 및

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 평균 힐 각도를 가정하면서 중력에 수직인 수평 축으로부터 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 29

청구항 28에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 30

청구항 28에 있어서,

상기 평균 힐 각도는 5° 내지 15°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 31

청구항 28에 있어서,

상기 최대 로터 오정렬은 1° 내지 13° 사이인, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 32

청구항 28에 있어서,

상기 로터 경사 각도는 1° 내지 10°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 33

청구항 28에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼을 포함하는 헐 조립체를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 34

청구항 28에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 복수의 칼럼들은 상기 수역에 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 복수의 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 35

청구항 28에 있어서,

상기 평균 힐 각도는 1° 내지 20°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 36

청구항 28에 있어서,

상기 최대 로터 오정렬은 2° 내지 20° 사이인, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 37

청구항 28에 있어서,

상기 로터 경사 각도는 변경되도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 38

청구항 37에 있어서,

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 티터링 부유식 풍력 터빈으로서 작동하도록 구성되고, 상기 로터 경사 각도가 변화되도록 하는 티터링식 허브를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

청구항 39

순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법에 있어서,

수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 14° 내지 16°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 14° 내지 16°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 1° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 갖고, 상기 로터 경사 각도는 3° 내지 7° 사이에 있고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호-참조

[0002] 이 출원은 2021년 11월 5일, "자체-기립 부유식 풍력 플랫폼 시스템 및 방법(SELF-UPENDING FLOATING WIND PLATFORM SYSTEMS AND METHODS)"이라는 명칭으로 출원된 미국 가출원 제63/276,082호, 대리인 정리번호 0105198-037PRO의 비-가출원이며 그 이익을 주장한다. 본 출원은 그 전체 및 모든 목적을 위해 여기에 참조로 포함된다.

[0003] 이 출원은 2021년 11월 5일 "순풍 부유식 풍력 터빈 및 그 제어 시스템(DOWNWIND FLOATING WIND TURBINE AND ITS CONTROL SYSTEM)"이라는 명칭의 미국 가출원 제63/276,086호, 대리인 정리번호 0105198-038PRO의 비-가출원이며 그 이익을 주장한다. 본 출원은 그 전체 및 모든 목적을 위해 여기에 참조로 포함된다.

도면의 간단한 설명

[0004] 도 1a는 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예의 제1 측면도이다.

도 1b는 도 1a의 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예의 제2 측면도이다.

도 2a는 부유식 풍력 터빈의 다른 예시적인 실시예의 제1 측면도이다.

도 2b는 도 1a의 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예의 제2 측면도이다.

도 3은 부유식 풍력 터빈의 타워 및 헐의 다른 예시적인 실시예의 사시도이다.

도 4는 거의 수평 또는 비-수직 구성의 부유식 풍력 터빈의 측면도이다.

도 5는 일 실시예에 따른 후퇴가능한 램을 갖는 관절식 터그 바지선의 측면도이다.

도 6은 일 실시예에 따른 강성 아암 단일 포인트 계류(SPM) 부이 시스템의 상부 사시도이다.

도 7은 3개의 터빈 블레이드들을 포함하는 풍력 터빈을 포함하는 나셀의 사시도이다.

도 8은 세워진(예컨대, 작동) 구성의 자체-기립 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시한다.

도 9는 도 8의 부유식 풍력 터빈의 하부 확대도이다.

도 10은 접혀진(예컨대, 운송) 구성의 자체-기립 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시한다.

도 11은 기립 동작 동안의 자체-기립 부유식 풍력 플랫폼의 예시적인 실시예를 도시한다.

도 12는 3개의 외부 칼럼들을 갖는 부유식 풍력 터빈의 다른 예시적인 실시예를 도시한다.

도 13a는 타워의 중심 축(Y)이 5° 의 로터 경사 각도와 함께 0° 의 힐 각도에 있는 역풍(upwind) 부유식 풍력 터빈의 예를 도시한다.

도 13b는 10° 의 힐 각도에 있는 도 13a의 역풍 부유식 풍력 터빈을 도시한다.

도 14a는 타워의 중심 축(Y)이 5° 의 로터 경사 각도와 함께 0° 의 힐 각도에 있는 순풍(downwind) 부유식 풍력 터빈의 예를 도시한다.

도 14b는 10° 의 힐 각도에 있는 도 14a의 순풍 부유식 풍력 터빈을 도시한다.

도 15는 티터링 로터(teetering rotor)를 갖는 순풍 부유식 풍력 터빈의 예를 도시한다.

도 16은 풍력 터빈 컨트롤러 방법의 블록도이다.

도 17a는 5° 의 정적 경사 각도 및 0° 의 힐 각도를 갖는 정적 조건 하에서 순풍 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시하며, 이는 본 예에서 0° 의 경사 각도에 비해 0.4%의 연간 에너지 생산(AEP) 감소를 야기한다.

도 17b는 -5° 의 로터 오정렬을 야기하는 10° 의 힐 각도에서 5° 의 정적 경사 각도를 갖는 정격 추력 조건 하에서의 수동적 순풍 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시하며, 이는 본 예에서 0° 의 로터 오정렬에 비해 0.4%의 AEP 감소를 야기한다.

도 18a는 5° 의 정적 경사 각도 및 0° 의 힐 각도를 갖는 정적 조건 하의 역풍 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실

시예를 도시하며, 이는 본 예에서 0° 의 경사 각도에 비해 0.4%의 AEP 감소를 야기한다.

도 18b는 10° 의 로터 오정렬을 야기하는 5° 의 힐 각도에서 5° 의 정적 경사 각도를 갖는 정격 추력 조건 하에서의 수동적 역풍 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시하며, 이는 본 예에서 0° 의 로터 오정렬에 비해 1.5%의 허용 가능한 AEP 감소를 야기한다.

도 18c는 15° 의 로터 오정렬을 야기하는 10° 의 힐 각도에서 5° 의 정적 경사 각도를 갖는 정격 추력 조건 하에서 수동적 역풍 부유식 풍력 터빈의 예시적인 실시예를 도시하며, 이는 본 예에서 0° 의 로터 오정렬에 비해 3.4%의 허용할 수 없는 AEP 감소를 야기한다.

도면들은 축척대로 도시되지 않으며, 유사한 구조들 또는 기능들의 요소들은 일반적으로 도면 전체에 걸쳐 예시적인 목적들을 위해 유사한 참조 번호들에 의해 표현된다는 점에 유의해야 한다. 또한, 도면들은 단지 바람직한 실시예들의 설명을 용이하게 하기 위한 것임에 유의해야 한다. 도면들은 설명된 실시예들의 모든 양태를 예시하지 않으며, 본 개시내용의 범위를 제한하지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005] 하부-고정식 풍력 터빈에 비해 해상의 부유식 풍력 터빈의 일부 실시예를 전개하는 것의 하나의 이점은 이러한 부유식 풍력 터빈이 육상 크레인 및 기계를 사용하여 조립 및 설치된 다음 현장으로 견인될 수 있다는 것일 수 있다. 그러나 세계 여러 항구에 대한 접근은 구조물이 해수면에서 상승하는 거리를 제한할 수 있는 다리나 다른 장애물(예컨대, 공항 규정)에 의해 방해될 수 있다('에어 드래프트'로 알려짐). 세계의 기존 인프라스트럭처의 대부분은 표준화된 선박 클래스(예컨대, PANAMAX, CHINAMAX 등)를 갖는 글로벌 해운 산업에 의해 추진되어 왔다. 일부 예들에서, 에어 드래프트 허용값들은 50 내지 70m일 수 있다. 일부 풍력 터빈은 허브 높이가 100m를 초과하여 많은 대형 항구나 조선소에 접근할 수 없다.

[0006] 일 양태에서 본 개시는 운송 동안 풍력 터빈을 수평 위치로 관절운동시킴으로써 이들 항구에 접근하기 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 일단 더 깊은 수역에 위치되면, 장애물을 지나고 나서, 터빈은 세워진 구성으로 기립될 수 있다. 또한, 많은 항구는 7m 내지 8m만큼 낮을 수 있는 드래프트 제한을 가질 수 있다. 상기 터빈을 수평 위치로 이송함으로써, 풍력 터빈, 드래프트는 다양한 실시예들에서 감소될 수 있다.

[0007] 본 명세서에서 논의된 일부 예들의 다른 이점은 극도의 바람 또는 고장 상황시에 풍력 터빈 및 부유식 헐 구조물 상의 부하를 감소시키는 것일 수 있다. 터빈 타워는, 일부 실시예들에서, 강풍에 의해 또는 모터, 액추에이터 등의 포함에 의해 수평(또는 거의 수평) 위치로 관절운동하도록 강제될 수 있다. 터빈이 이러한 위치에 있을 때, 터빈 및 부유식 헐에 가해지는 부하가 감소될 수 있다. 터빈 결함 상황 동안, 일부 예들에서는 터빈으로부터의 힘이 헐에 직접 전달되지 않을 수 있다. 대신에, 에너지는 다양한 실시예들에서 터빈 서브-구조물의 점성 댐핑을 통해 소산될 수 있다.

[0008] 현재의 풍력 터빈들은 육상 및 고정된 해상 풍력 플랫폼 상에서 견고할 수 있지만, 부유 플랫폼 상에서의 이들의 사용은 전형적으로 정교한 제어 시스템 또는 대형 플랫폼을 필요로 한다. 이러한 플랫폼 제어 시스템은 설치 비용이 많이 들고, 정기적인 유지보수가 필요하여 유지보수 및 운용이 어렵다. 일부 풍력 터빈들에서, 로터는 작동 중인 블레이드 팁과 타워 사이의 간격을 증가시키기 위해서 4 내지 8도 만큼 위로 기울어진다. 수평선에 대한 이러한 각도는 샤프트 축으로서 지칭되는데, 이는 풍력 터빈의 주 샤프트가 발전기 또는 기어박스로부터 허브로 이루어져 로터로부터의 토크를 전달하기 때문이다.

[0009] 본 개시의 다양한 실시예들에서 설명된 풍력 터빈은 순풍 터빈을 포함하며, 여기서 로터는 작동 중에 블레이드 팁과 타워 사이의 간극을 증가시키기 위해서 수평으로부터 상향으로 4 내지 8도 배향된다. 다양한 예들에서 풍력 터빈은 바람으로부터 전력을 생산하기 위해서 추력을 생성한다. 추력은 플랫폼 상에 전복 움직임을 초래할 수 있으며, 이는 플랫폼이 평균 힐 각도를 갖게 할 수 있다. 여기서, 힐 각도는, 바람의 방향으로, 플랫폼의 평균 피치 각도일 수 있다.

[0010] 부유식 풍력 플랫폼의 일부 예들에서, 목표 설계 힐 각도는 터빈의 정격 추력을 받을 때의 플랫폼의 힐 각도이다. 일반적으로, 정격 추력은 작동 중에 터빈에 가해지는 최대 평균 추력이다. 플랫폼의 설계 힐 각도는 플랫폼 및 계류 시스템의 복원력에 의존할 수 있으며, 이는 그 무게 중심 및 부력, 그 수평면 모멘트 관성 면적 및 계류 시스템으로 인한 복원력의 함수일 수 있다. 일반적으로, 플랫폼의 정수압 강성을 증가시키는 것은 시스템의 비용 또는 복잡성의 증가, 또는 둘 다를 초래할 수 있다. 예를 들어, 종래의 반-잠수 부유식 풍력 플랫폼의 경우, 정수압 강성은 칼럼의 간격을 증가시키거나, 칼럼의 크기를 증가시키거나, 또는 둘 모두에 의해 증가될 수

있다. 능동 플랫폼 제어 시스템이 없는 풍력 플랫폼은, 최대 로터 오정렬이 수평으로부터 8 내지 13도가 되도록, 4 내지 5도의 설계 힐 각도를 목표로 할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 터빈의 동력은 로터의 스윕 면적(swept area)의 함수이다. 스윕 면적은 경사 각도의 코사인(감마)의 함수로서 터빈의 경사 각도의 함수로서 감소한다. 수학적으로,

[0011] P = .5 * rho * Cp * A * cos(gamma) * V^3

[0012] 여기서, rho는 공기 밀도, Cp는 동력 계수, A는 블레이드들의 스윕 면적, gamma는 터빈의 경사 각도, V는 바람의 속도이다.

[0013] 일부 실시예들은 평균 힐 각도에서 수동적으로 작동하는 부유식, 순풍 고정-허브 터빈을 포함한다. 예를 들어, 동력을 생성하기 위해 추력이 생성되고, 그러한 추력은 플랫폼이 바람의 방향으로 기울어지게(힐) 할 수 있다. 예를 들어, 10도의 평균 힐 각도를 갖는 부유식 풍력 터빈을 설계함으로써, 다양한 실시예들에서, 당신은 육상의 것(+/- 5도)과 같이, 수직으로 배향된 역풍 터빈과 동일한 로터 오정렬을 갖는다. 예를 들어, 15도의 평균 힐 각도를 갖는 플랫폼을 설계함으로써, 5도의 힐 각도를 갖는 부유식 플랫폼 상의 역풍 터빈과 동일한 로터 오정렬을 갖는다.

[0014] 일부 실시예들은 평균 힐 각도에서 수동적으로 작동하는 부유식, 순풍 티터링 터빈을 포함한다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 15도의 평균 힐 각도를 갖는 이러한 부유식 풍력 터빈을 설계함으로써, 수직으로 배향된 역풍 터빈보다 적은 로터 오정렬을 가질 수 있다(예컨대, 0도 대 + 5도).

[0015] 능동 플랫폼 제어 시스템들을 갖는 일부 풍력 플랫폼들은, 타워가 수직으로 유지될 수 있고 최대 로터 오정렬이 4 내지 8도로 유지될 수 있도록, 5 내지 8도의 설계 힐 각도를 목표로 할 수 있다. 일부 풍력 터빈들은 증가된 경사 각도를 야기하여 0도 로터 오정렬을 초래할 수 있는 더 큰 능동 제어 시스템을 가질 수 있다. 그러나, 풍력 터빈 시스템들의 일부 예들의 전술된 장애물들 및 결함들을 극복하기 위한 노력으로, 개선된 부유식 풍력 터빈 및 그 제어 방법에 대한 필요성이 존재한다.

[0016] 다양한 실시예들에서, 경사 각도에서 작동하는 경사형, 순풍 부유식 풍력 터빈의 이점은 부유식 풍력 터빈에 의해 발생된 웨이크가 아래로 구동될 수 있고 복수의 부유식 풍력 터빈들이 어레이, 그룹 또는 농장에 배치되는 순풍 부유식 풍력 터빈에 대해 감소된 효과를 가질 수 있다는 것일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이는 더 많은 부유식 풍력 터빈들이 주어진 영역에 패킹될 수 있게 할 수 있으며, 이는 부유식 풍력 터빈 조작자 및 다른 이해 관계자(예컨대, 낚시)에 대한 큰 관심사일 수 있다.

[0017] 이하, 일부 실시예들에 따라 타워 및 지지 헐 플랫폼을 포함하는 더 가볍고 더 저렴한 부유식 풍력 터빈을 설계하는 데 사용될 수 있는 예시적인 시스템들 및 방법들이 설명된다. 예를 들어, 다양한 실시예들은 다음 중 하나 이상을 포함하는 부유식 풍력 터빈을 포함할 수 있다:

[0018] (1) 일-(one-), 이-(two-) 또는 삼-블레이드식(three-bladed) 풍력 터빈(예컨대, 수평-축: 역풍 또는 순풍 로터, 또는 수직-축).

[0019] (2) 다수의 부력 조립체(예컨대, 4개의 그러한 조립체)로 구성된 플랫폼. 예를 들어, 일부 실시예들에서 조립체들은 핀 베어링 또는 다른 적합한 요소에 의해 연결된 부재들을 사용하는 4-바 링크장치를 포함할 수 있다. 일부 예들에서 조립체는 주 부력 부재(예컨대, 칼럼)를 포함한다. 일 실시예에서, 조립체들 각각은 중심 칼럼에 연결된다.

[0020] (3) 각각의 조립체가 트러스 부재의 위치에 따라 재구성될 수 있도록, 각각의 조립체에 대한 이동가능한 트러스 부재. 다양한 예들에서, 트러스 부재가 연결될 때 조립체의 최종 위치가 결정된다. 일 실시예에서, 조립체의 최종 위치는 칼럼이 수직으로 배향되도록 한다.

[0021] 일 실시예는 플랫폼이 도 8에 도시된 바와 같이 되도록 설계될 수 있다. 이러한 설계는 다음 요소들 중 하나 이상을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 구성될 수 있으며, 이러한 요소들 중 하나 이상은 일부 실시예들에서 구체적으로 부재(absent)한다.

[0022] (a) 다양한 양의 질량을 가질 수 있는 다수의 부력 칼럼들(예컨대 부분적으로 또는 완전히 충전된 밸러스트 탱크).

[0023] (b) 수평 부재들(예컨대, 도 8의 상부 및 하부 트러스 부재)이 중심 칼럼 및 부력 구조물(예컨대, 외부 칼럼)과 함께 4-바 링크장치를 형성하도록 하는 다수의 독립적인 조립체들. 구조 부재들 각각은 일부 예들에서 핀 베어

링들에 의해 연결될 수 있다.

[0024] (c) 하나 이상의 피닝 구조물(pinned structure)에 대한 대각선 크로스-빔.

[0025] (d) 크로스-빔의 단부가 중심 칼럼/타워를 가로질러 통과하게 하는 메커니즘.

[0026] 일 실시예는 플랫폼의 경사 각도를 최적화하는 데 사용될 수 있는 터빈 제어 시스템을 갖는 부유식 순풍 터빈을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 또는 구성된다.

[0027] 다른 실시예는 티터링식 허브를 갖는 부유식 순풍 터빈, 및 로터의 티터 각도 및 플랫폼의 경사 각도를 최적화하는데 사용될 수 있는 터빈 제어 시스템을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 구성된다.

[0028] 일부 이러한 실시예들에서, 플랫폼이 바람의 방향으로 수동적으로 피칭 또는 경사하도록 허용될 수 있기 때문에, 플랫폼 상에 능동 제어 시스템이 존재하지 않는다. 그러나, 다양한 예들에서, 로터 평면이 수평과 정렬된 상태로 유지될 수 있기 때문에, 터빈은 전체 전력을 생성할 수 있다.

[0029] 도 1a, 1b, 2a 및 2b로 돌아가서, 부유식 풍력 터빈(100)의 2개의 예시적인 실시예(100A, 100B)가 각각 도 1a 및 1b 그리고 도 2a 및 2b에 도시되어 있다. 부유식 풍력 터빈(100)은 축(Y)을 따라 연장되는 타워 샤프트(112)를 갖는 타워 본체(110)를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 타워 본체(110)는 타워 샤프트(112)의 바닥 단부에 타워 베이스(114)를 더 포함하고, 타워 본체(110)의 말단 바닥 단부에는 킬 플레이트(116)가 배치된다. 하나 이상의 핀(fins)(118)이 킬 플레이트(116)와 타워 베이스(114) 사이에서 연장되어 킬 플레이트(116)와 타워 베이스(114) 사이의 결합을 강화하고/하거나 타워(110)의 회전, 이동 또는 피치를 위한 댐핑을 제공할 수 있다.

[0030] 타워 본체(110)의 상단에는 나셀(170)이 배치될 수 있다. 나셀(170)은 다양한 적절한 방식으로 구성될 수 있고, 도 7의 예에 도시된 바와 같이 허브(172)로부터 연장되는 복수의 블레이드(174)들을 갖는 허브(172)를 포함하는 풍력 터빈(700)을 포함하는, 다양한 적절한 요소를 포함할 수 있다. 추가 실시예들은 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 24, 36, 48개 등을 포함하는 임의의 적합한 복수의 블레이드(174)들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 풍력 터빈(700)은 역풍 또는 순풍 로터와 함께 수평-축으로 작동할 수 있거나, 수직-축으로 작동할 수 있다.

[0031] 다양한 실시예들은 임의의 적합한 터빈 요소를 포함할 수 있으므로, 도 7의 예는 제한적인 것으로 해석되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서의 다양한 예시적인 실시예는 풍력 터빈에 관한 것이지만, 라이트 하우스, 브리지, 통신 어레이, 기상 관측소, 관측 스테이션, 무기 마운트 등을 포함하는 다양한 적합한 목적을 위해 추가 실시예가 사용될 수 있다는 것이 명백해야 한다.

[0032] 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b로 돌아가서, 부유식 풍력 터빈(100)은 한 쌍의 베이스 요소(132)들 및 한 쌍의 지지 아키텍처(134)들을 포함하는 헐(130)을 포함하는 것으로 추가로 도시되어 있으며, 이들은 이격되어 하나 이상의 바(136)를 통해 함께 결합된다. 도 1b 및 도 2b의 예에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 베이스 요소(132A, 132B)들, 한 쌍의 지지 아키텍처(134A, 134B)들 및 하나 이상의 바는 헐 공동(138)을 규정할 수 있다.

[0033] 피치 플레이트(140)는 지지 아키텍처(134A, 134B)들 사이에서 연장될 수 있고 피치 샤프트(142)를 통해 헐(130)에 회전가능하게 결합될 수 있으며, 이는 피치 플레이트(140)가 축(X)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 타워 샤프트(112) 및/또는 타워 베이스(114)는 피치 플레이트(140)를 통해 연장되고 피치 플레이트에 결합될 수 있으며, 이는 타워(110)가 피치 플레이트(140)를 통해 축(X)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 다양한 실시예들에서, 타워(110)의 축(Y)은 축(X)에 수직 및/또는 동축일 수 있다. 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b(및 또한 본 명세서에서 더 상세히 논의되는 도 3)의 예에 도시된 바와 같이, 피치 플레이트(140)를 통한 타워(110)의 이러한 회전은 타워 베이스(114) 및/또는 킬 플레이트(116)가 본 명세서에서 논의되는 바와 같은 다양한 구성으로 헐 공동(138) 내에서 스윙 또는 피칭하도록 허용할 수 있다.

[0034] 부가적으로, 타워(110)는 요 베어링(144)을 통해 피치 플레이트(140)에 결합될 수 있으며, 이는 타워 샤프트(112) 및/또는 타워 베이스(114)가 타워(110)의 축(Y)을 중심으로 회전하게 할 수 있다. 축(Y)을 중심으로 하는 타워(110)의 회전을 제공하는 것은, 일부 실시예들에서, 풍력 손상 등으로부터 블레이드(174)를 보호하기 위해, 타워(110)와 연관된 풍력 터빈(700)이 최대량의 에너지를 생성하고, 블레이드(174)의 구조적 완전성을 손상시키지 않으면서 최대량의 에너지를 생성하는 각도와 같이, 원하는 또는 최적의 방향으로 나셀(170)을 위치시키는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 나셀(170)은 요 베어링(144)에 추가하여 또는 이에 대한 대안으로서 타워(110)의 상부에 회전 가능하게 결합될 수 있다. 일부 실시예(예컨대, 순풍 터빈 실시예)에서, 중심 축(Y)을 중심으로 타워(110)의 요 회전을 능동적으로 구동하는 요 모터 또는 액추에이터가 존재하거나 존재

하지 않을 수 있다. 일부 예들에서, 풍력 터빈 풍향계는 순풍 방향에 있을 수 있고 요 베어링(144)은 헐(130)에 대해 타워(110)의 수동적인 회전을 허용할 수 있다. 다른 실시예에서, 원추형 베어링은 타워(110)의 자유 요 운동을 허용할 수 있는 한편, 헐(130)은 (예컨대, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이) 분할될 수 있다.

[0035] 역풍 터빈 실시예에서, 요 베어링(144)은 나셀(170) 내의 요 컨트롤러에 대한 필요성을 대체할 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 모터는 나셀(170)이 바람을 향하도록 요 베어링(144)을 구동할 수 있다. 이러한 구성에서, 일부 예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 베어링 또는 다른 요소 상의 축-외 하중을 최소화하기 위해 피치 샤프트(142)의 축(X)이 입사 풍향에 수직인 것이 바람직할 수 있다.

[0036] 부유식 풍력 터빈(100)은 부유하도록 구성될 수 있고 수역(102)의 표면(101) 상에 배치될 수 있으며, 여기서 부유식 풍력 터빈(100)의 일부는 수역(102) 내에 배치되고 부유식 풍력 터빈(100)의 일부는 수역(102)의 상부(103)에 배치된다. 예를 들어, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b의 실시예(100A, 100B)에서, 나셀(170), 타워 샤프트(112), 피치 플레이트(140), 피치 샤프트(142), 요 베어링(144) 및 축(X)은 수역(102)의 표면(101) 위(103)에 배치되는 것으로 도시되어 있다. 타워 베이스(114) 및 지지 아키텍처(134)의 일부는 부분적으로 수역(103) 위에 있고 수역 내에 있는 것으로 도시되어 있다. 헐(130)의 베이스 요소(132)와 타워(110)의 킬 플레이트(116)는 수역(102)의 표면(101) 아래에 있는 것으로 도시되어 있다. 부유식 풍력 터빈(100)은 해양, 호수, 강, 인공 수역 등을 포함하는 임의의 적합한 수역 또는 유체에 배치될 수 있다.

[0037] 추가의 실시예들은 부유식 풍력 터빈(100)의 다양한 요소들이 부유식 풍력 터빈(100)이 부유하고 있는 수역(102)의 표면(101)에 대해 다양한 적합한 위치들에 위치설정되도록 구성될 수 있으므로, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b의 예들은 제한적인 것으로 해석되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 논의되는 바와 같이, 부유식 풍력 터빈(100)의 부력은 다양한 실시예들에서 수정될 수 있으며, 이는 주어진 시간에 어느 요소가 수역 위(103)에 있는지 또는 수역(102) 내에 있는지를 변경할 수 있다. 일부 실시예들에서, 타워(110)의 회전에 대한 저항 또는 감쇠를 제공하기 위해 수역(102) 내에 배치된 타워 베이스(114) 및 킬 플레이트(116)의 적어도 일부와 같은 요소를 갖는 것이 바람직할 수 있다.

[0038] 예를 들어, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 핀(118)은 회전 축(X)에 평행한 평면을 가질 수 있으며, 이는 표면 영역을 제공할 수 있어 타워(110)의 핀(118)이 그 내부에서 회전하는 물(102)과 핀의 표면 영역 사이의 마찰에 기초하여 타워(110)의 회전에 대한 저항 또는 감쇠를 제공한다. 또한, 일부 실시예들에서, 물(102)의 표면(101) 위에 배치된 피치 플레이트(140), 피치 샤프트(142) 및/또는 요 베어링(144)과 같은 요소들을 가져 이러한 요소들의 물 침입, 부식 등을 방지하거나 감소시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0039] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)을 물(102)의 표면(101) 상의 위치에 고정하거나 실질적으로 고정하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)이 표류하는 것을 방지하거나 또는 부유식 풍력 터빈(100)이 다른 부유식 풍력 터빈(100)(예컨대, 풍력 단지 내의), 암초, 해변, 바위, 절벽 등과 같은 바람직하지 않은 물체와 접촉하는 것을 방지하는 것이 바람직할 수 있다. 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b의 예를 포함하는 다양한 실시예들에서, 하나 이상의 계류 라인(150)이 부유식 풍력 터빈(100)에 결합되어 부유식 풍력 터빈(100)을 제자리에 고정하거나 실질적으로 고정할 수 있다. 예를 들어, 이러한 하나 이상의 계류 라인(150)은 지지 아키텍처(134)(도 1a 및 도 1b 참조) 베이스 요소(들)(132)(도 2a 및 도 2b 참조) 등과 같은 헐(130) 상의 다양한 적절한 위치에 결합될 수 있다. 일부 예들에서, 계류 라인(150)은 해저, 호반, 강바닥 등에서 웨이트 또는 앵커에 결합될 수 있다.

[0040] 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 부유식 생산, 저장 및 하역 유닛(FPSOs) 상의 것과 같은, 단일 포인트 계류 부이 또는 터릿 시스템에 연결될 수 있다. 이러한 계류 부이 시스템(600)의 일 예가 도 6에 도시되어 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 터릿 시스템은 역풍 방향으로 회전시키도록 구동되거나 순풍 방향으로 풍향계가 수동적으로 허용될 수 있다.

[0041] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 (예컨대, 도 7의 예에 도시된 바와 같이 풍력 터빈(700)을 회전시키는 바람을 통해) 전력을 생성할 수 있고, 생성된 전력은 하나 이상의 전기 케이블(155)을 통해 다양한 위치로 전송될 수 있으며, 이는 다양한 실시예들에서 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이 킬 플레이트(116)의 바닥으로부터 연장될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)에 의해 생성된 전력은 육지, 배터리 스테이션, 다른 부유식 풍력 터빈(100), 수계 전력 소비자(예컨대, 부유식 가정, 선박, 스테이션 등)로 전송될 수 있다. 추가적으로, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 전기 케이블(155)은 부유식 풍력 터빈(100)에 전력을 제공하도록 구성될 수 있으며, 이 전력은 육상, 배터리 스테이션, 다른 부유식 풍력 터빈(100) 등으로부터

수신될 수 있다.

[0042] 도 3으로 돌아가서, 피치 샤프트(142)를 통해 헐(130)에 회전 가능하게 결합되는 타워(110)를 포함하는, 부유식 풍력 터빈(100)의 추가 실시예(100C)의 일부가 도시되어 있다. 이 예시적인 실시예(100C)에서, 헐(130)은 타워(110)를 둘러싸는 하나 이상의 플로터 모듈(floater module)(334) 및 플로터 모듈(334)들 사이에서 연장되는 하나 이상의 커넥터(336)를 포함할 수 있다. 일부 예들에서, 커넥터(336)는 헐(130)을 강화하되, 본 명세서에서 논의된 바와 같이 타워(110)가 기립되는 것을 허용하는 힌지식 연결부를 포함할 수 있다.

[0043] 요 유닛(344)은 헐(130)의 상부 단부에 배치될 수 있고, 여기서 한 쌍의 피치 유닛은 피치 샤프트(142)를 유지하고 타워(110)가 피치 샤프트(142)를 통해 회전하게 할 수 있는 요 유닛(344) 상에 배치된다. 플로터 모듈(334), 커넥터(336) 및 요 유닛(344)은 타워(110)가 연장되어 피치 샤프트(142)를 통해 피칭 또는 회전할 수 있는 헐 공동(338)을 규정할 수 있다. 요 유닛(344)은 타워(110)가 중심 축(예컨대, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같은 축(Y))을 중심으로 회전할 수 있게 하기 위해 회전하도록 구성될 수 있다. 헐(130)은 본 명세서에서 논의된 바와 같이 계류 라인(150)이 부유식 풍력 터빈(100)과 결합되고 고정되게 하는 하나 이상의 페어리드(350)를 더 포함할 수 있다.

[0044] 다양한 실시예들에서, 요 유닛(344)의 베이스는 부유식 풍력 터빈(100)의 타워(110)에 대해 90도의 피치 회전을 허용할 수 있는 "C" 형상으로 설계된 부유체를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 커넥터(336)는 힌지식으로 결합될 수 있고, 커넥터(336)가 개방될 때 타워(110)가 관절운동하게 할 수 있고, 커넥터(336)가 폐쇄될 때 헐(130)의 구조 전체에 걸쳐 하중 전달을 제공할 수 있다.

[0045] 일부 실시예들에서, 피치 베어링은 타워(110) 상에 배치될 수 있고, 피치 샤프트(142)는 타워(110)가 부유식 헐(130)로부터 분리될 수 있게 하는 후퇴가능한 램(retractable ram)을 포함할 수 있다. 다양한 예들에서, 이러한 조립체는 도 5에 도시된 바와 같이 관절식 터그 바지선(500)과 함께 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 타워(110)는 힌지식 조인트를 통해 헐(130)에 연결될 수 있다. 일부 예들에서 터빈을 기립시키기 위해서, 내부 케이블이 인장될 수 있다. 하나의 그러한 실시예에서, 부유식 헐(130)은 보다 구조적으로 효율적인 환상면체(toroidal) 형상일 수 있다.

[0046] 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 다양한 실시예들에서 피치 샤프트(142) 등은, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같은 수직 또는 거의 수직 구성(예컨대, 전력 생산을 위한) 또는 도 4에 도시된 바와 같은 수평 또는 거의 수평 구성(예컨대, 설치, 운송, 하중 경감을 위한)을 취할 수 있는 부유식 풍력 터빈(100)의 타워(110)를 허용할 수 있다. 예를 들어, 도 4는 타워(110)의 중심 축(Y)이 거의 수평 구성에 있고 축(Y1)을 따라 배치되는 부유식 풍력 터빈(100)의 실시예(100A)를 도시하며, 여기서 타워(110)는 타워(110)의 중심 축(Y)이 축(Y2)을 따라 배치되는 수직 또는 거의 수직 구성을 취하기 위해 피치 샤프트(142)를 중심으로 각도 Θ로 피칭하도록 구성된다. 다양한 실시예들에서, 구성 또는 축(Y2)은 중력, 부유식 풍력 터빈(100)이 부유하는 수역(102)의 표면(101)의 평면(W), 부유식 풍력 터빈(100)의 주 수평 축 등에 대해 수직 또는 거의 수직일 수 있다.

[0047] 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 양 및/또는 음의 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, 90°, 95°, 100°, 105°, 110°, 115°, 120°, 125°, 130°, 135° 등을 포함하는 임의의 적합한 각도 Θ로 수직 또는 거의 수직 구성으로부터(예컨대, 축(Y2)으로부터) 피칭 또는 회전하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들은 수직 또는 거의-수직 구성으로부터 단지 하나의 방향으로만 회전하도록 구성될 수 있거나, 수직 또는 거의-수직 구성으로부터 양 방향들로 회전하거나 피칭하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 양 방향들에서의 최대 회전은 동일할 수 있거나 상이할 수 있다(예컨대, 위에서 인용된 예시적인 값들 중 임의의 것). 일부 실시예들에서, 타워(110)는 타워(110), 나셀(170) 또는 나셀(170)의 풍력 터빈이 물(102) 내로 연장되거나 물(102)의 표면(101)과 맞물리는 것을 방지하는 양 및 피칭 또는 회전하도록 구성될 수 있지만; 일부 실시예들은 타워(110), 나셀(170) 및/또는 나셀(170)의 풍력 터빈이 물(102) 내로 연장되거나 물(102)의 표면(101)과 맞물리도록 구성될 수 있다.

[0048] 다양한 실시예들에서, 타워(110)의 회전 또는 피치는 파도, 바람, 폭풍 등으로 인해 물(102)의 표면(101) 상에서 회전, 피칭 또는 이동하는 헐(130)의 능력에 기초하여 구성될 수 있다. 일부 예들에서, 타워(110)의 배향은 헐(130)이 물(102)의 표면(101) 상에서 회전, 피칭 또는 이동하더라도 타워(110)가 수직 또는 거의 수직 구성으로 유지될 수 있도록 헐(130)에 대해 능동적으로 제어될 수 있다. 예를 들어, 타워(110) 및/또는 헐(130)의 배향은 원하는 수직 또는 거의 수직 구성에 대해 모니터링되고 결정될 수 있으며, 모터, 액추에이터 등은 물(102)의 표면(101) 상에서의 헐(130)의 회전, 피칭 또는 이동에도 불구하고 원하는 수직 또는 거의 수직 구성을 향한 타워(110)의 배향으로 능동적으로 변경할 수 있다.

[0049] 부유식 풍력 터빈(100)을 작동시키는 방법의 일 실시예는, 타워(110) 및/또는 헐(130)의 배향을 결정하는 단계; 타워(110) 및/또는 헐(130)의 결정된 배향에 적어도 부분적으로 기초하여 타워(110)가 수직 또는 거의 수직 구성이 아닌 배향에 있는지 또는 수직 또는 거의 수직 구성의 오차 범위 내에 있는지 여부를 결정하는 단계; 및 타워(110)를 원하는 수직 또는 거의 수직 구성을 향해 또는 원하는 수직 또는 거의 수직 구성의 오차 범위 내로 이동시키기 위해 타워(110)를 (예컨대, 피치 샤프트(142) 주위에서) 작동시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 방법은 실시간으로, 거의 실시간으로, 또는 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0초 등마다 수행될 수 있다.

[0050] 타워(110)가 수평, 거의 수평 또는 비-수직 구성을 취하도록 구성되는 부유식 풍력 터빈(100)은 부유식 풍력 터빈(100)의 설치, 부유식 풍력 터빈(100)의 조립, 부유식 풍력 터빈(100)의 운송, 부유식 풍력 터빈(100)의 유지보수, 부유식 풍력 터빈(100)의 하중 경감 등과 같은 동작을 위해 바람직할 수 있다. 예를 들어, 도 4는 예시적인 실시예를 도시하며, 여기서 견인 라인(410)은 부유식 풍력 터빈(100)의 헐(130)에 결합되고, 이는 부유식 풍력 터빈(100)을 이동시키는 데 사용될 수 있다.

[0051] 추가적으로, 일부 예들에서, 바람 또는 다른 기상 조건들이 부유식 풍력 터빈(100)의 요소들(예컨대, 블레이드(174), 타워 샤프트(112) 등)에 손상을 야기할 수 있다는 결정이 이루어지는 경우, 타워(110)는 부유식 풍력 터빈(100)을 손상으로부터 보호하기 위해 수평, 거의 수평 또는 비-수직 구성으로 자동으로 또는 수동으로 하강될 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)의 작동 방법은 풍력 또는 기상 상태가 안전 임계값 초과이거나 또는 안전 임계값 초과일 것으로 예측된다고 결정하는 단계, 및 그렇다면, 부유식 풍력 터빈(100)을 보호하기 위해 타워(110)를 수평, 거의 수평 또는 비-수직 구성으로 하강시키는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 결정은 부유식 풍력 터빈(100)에서의, 다른 부유식 풍력 터빈(100)에서의 하나 이상의 기상, 바람 또는 다른 센서에 의해, 기상 관측소에 의해, 육상 장치 등에 의해 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 컴퓨팅 디바이스는 로컬 및/또는 원격 데이터에 기초하여 이러한 결정을 할 수 있고, 사용자 입력 없이 타워(110)를 자동으로 하강시키거나, 사용자에게 위험을 경고하고 타워(110)를 하강시키기 위한 명령을 수신하거나, 기타 등등일 수 있다. 일부 예들에서, 타워(110)의 하강은 모터 또는 다른 액추에이터에 의해 수행될 수 있고, 일부 예들에서, 타워(110)는 잠금 구성에 있는 것으로부터 잠금해제 구성으로 변경되며, 이는 타워(110)가 그 자신의 중량 아래로 떨어지거나 낮아지게 할 수 있다.

[0052] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 일부는 다양한 양의 질량 또는 밸러스트를 갖거나 포함하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 피치 샤프트(142) 아래의 타워 베이스(114)의 일부 또는 타워(100)의 일부는 질량 또는 밸러스트가 추가되거나 그로부터 제거되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 타워 베이스(114) 및/또는 킬 플레이트(116)는 밸러스트 재료(예컨대, 모래, 추, 물 등)가 도입되거나 제거될 수 있는 공동을 포함할 수 있다. 추가 실시예에서, 밸러스트 또는 매스(mass)(예컨대, 웨이트, 샌드백, 워터 블래더 등)는 타워 베이스(114) 및/또는 킬 플레이트(116)에 결합되거나 그로부터 제거될 수 있다.

[0053] 이러한 밸러스트 재료의 추가는 도 3에 도시된 바와 같이 하나의 더 높은 무게 중심(CG1)으로부터 더 낮은 무게 중심(CG2)으로와 같이 다양한 예들에서 타워(110)의 무게 중심을 낮출 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 밸러스트 재료의 추가는 타워(110)의 무게 중심을 피치 샤프트(142) 위로부터 피치 샤프트(142) 아래로 낮출 수 있으며(예컨대, 도 3 참조), 이는 타워(110)가 수평, 거의 수평 또는 비-수직 구성(예컨대, 도 4 참조)으로부터 수직 또는 실질적으로 수직 구성(예컨대, 도 1a, 도 1b, 도 2a 및 도 2b 참조)으로 상승하게 하거나 이를 더 용이하게 할 수 있다. 다른 실시예에서, 밸러스트를 추가하는 것은 타워(110)의 무게 중심을 피치 샤프트(142) 위의 제1 위치로부터 피치 샤프트(142) 위의 제2 위치로 낮출 수 있거나, 타워(110)의 무게 중심을 피치 샤프트(142) 아래의 제1 위치로부터 피치 샤프트(142) 아래의 제2 위치로 낮출 수 있다.

[0054] 단일 부유식 풍력 터빈(100) 또는 복수의 부유식 풍력 터빈(100)의 어레이는 다양한 적절한 방식으로 제조, 직립 또는 위치될 수 있으며, 다양한 부분은 육지 및/또는 수역(102) 상에서 발생한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 헐(130) 및 타워(110)의 제조 및/또는 조립 동안, 타워(110)는 수직 위치 또는 수평 위치에 있을 수 있다. 일 실시예에서, 나셀(170), 풍력 터빈(700) 및/또는 블레이드(174)는 수평 위치 또는 실질적으로 수평 위치에서 타워(110)와 정합될 수 있다. 일부 예들에서 이러한 실시예는 풍력 터빈(700)의 나셀(170) 및/또는 블레이드(174)와 함께 타워(110) 또는 그 섹션을 들어올리기 위해 더 작고 더 쉽게 이용 가능한 크레인을 사용할 수 있다. 일부 예들에서, 나셀(170), 풍력 터빈(700), 블레이드(174) 등의 설치 전, 설치 중 또는 설치 직후에, 밸러스트(예컨대, 고체 또는 액체 밸러스트)가 타워 베이스(114)에 추가되어 이러한 요소들의 중량을 균형 맞출 수 있다. 일 실시예에서, 고체 밸러스트는 배터리들의 형태를 취할 수 있다. 일부 실시예들에서, 밸러스트는 추

가 요소들이 타워(110), 나셀(170) 등에 설치됨에 따라 증분식으로 추가될 수 있다.

[0055] 일 실시예에서, 추가되는 밸러스트의 양은 (나셀(170) 풍력 터빈(700) 등을 포함하는) 타워(110)의 수직 무게 중심이 피치 축(X)에 또는 실질적으로 피치 축에 위치하도록 계산될 수 있다(예컨대, 도 1b 및 도 2b 참조). 이러한 실시예에서(마찰이 없을 때), 헐(130) 상의 터빈(700), 타워(110) 등의 중량으로부터 결과적인 전도 모멘트가 없을 수 있다. 이러한 실시예는 부유식 풍력 터빈(100)을 수평, 거의 수평 위치 또는 비-수직 위치로 유지하는 데 필요한 유지력을 감소시킬 수 있고, 또한 헐(130)에 대해 타워(110)를 (예컨대, 수직 또는 거의 수직 위치로 또는 수직 위치로부터) 회전시키는 데 필요한 힘을 감소시킬 수 있다.

[0056] 일부 실시예들에서, 일단 타워(110)가 (예컨대, 피치 샤프트(142)를 통해 육상의 또는 육지 근처의 헐(130) 상에 통합되면, 다양한 예들에서, 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 항구로부터 부유식 풍력 터빈(100)이 설치될 수역(102) 상의 위치로 견인될 수 있다. 많은 항구는 이전에 설명된 바와 같은 드래프트 또는 에어 드래프트 제한을 가지며, 이는 수역(101)의 표면으로부터 선박, 선박 상의 화물 또는 선박에 의해 견인되는 화물 상의 최고 점까지의 거리일 수 있다. 드래프트 제한은 7m, 8m, 9m, 10m, 12m 등과 같거나 작을 수 있다. 에어 드래프트 제한은 35m, 40m, 45m, 50m, 55m, 60m, 70m, 75m, 80m, 85m, 90m 등과 같거나 작을 수 있다. 일단 이들 장애물 또는 제한이 해제되면, 플랫폼은 더 큰 드래프트, 또는 더 큰 에어 드래프트 또는 더 큰 드래프트 및 더 큰 에어 드래프트 둘 모두를 갖도록 재구성될 수 있다.

[0057] 일 실시예에서, 타워 베이스(114) 및/또는 킬 플레이트(116)는 항구로부터 떨어져 모래, 자갈, 흙 등으로 채워질 수 있는데(예컨대, 임의의 항구 장애물 및/또는 제한이 제거되면), 이는 그러한 재료가 쉽게 이용 가능하고 저렴한 고체 밸러스트 옵션일 수 있기 때문이다. 또한, 타워(110)를 하강시키는 것이 필요하거나 바람직할 수 있는 유지보수 작업을 위해 항구 또는 육지로 복귀할 때, 그러한 밸러스트 재료는 필요에 따라 환경을 해하지 않고 해저로 간단히 낙하될 수 있으며, 이는 타워(110)가 하강되거나 더 쉽게 하강될 수 있게 할 수 있다. 유지보수 동작 후에 그리고 부유식 풍력 터빈(100)이 수역(102) 상의 새로운 위치에 재설치 또는 설치될 때, 타워(110)를 상승시키기 위해 또는 타워(110)를 보다 용이하게 상승시키기 위해 본 명세서에서 논의된 바와 같이 새로운 밸러스트가 다시 타워(110)에 추가될 수 있다(예컨대, 타워 피치 모터는 충분한 양의 밸러스트의 추가 없이 타워를 상승시킬 수 없을 수 있다).

[0058] 다양한 실시예들에서, 일단 추가적인 밸러스트가 추가되면, 타워(110)의 수직 무게 중심은 피치 축(X) 아래로 떨어질 수 있다(예컨대, 도 3 참조). 이는 풍력 터빈 타워(110)가 기립되어 수직 또는 거의 수직 위치에 있게 할 수 있다. 부유식 풍력 터빈(100)은 이어서 (예컨대, 견인 라인(410)을 통해) 해상 풍력 발전 단지 부지로 견인될 수 있어서, (예컨대, 계류 라인(150), 전기 케이블(155) 등을 포함하는 계류 및/또는 케이블링 시스템에 연결되어) 설치될 수 있다. 다른 실시예에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 타워(110) 및 관련 요소 상의 항력이 감소될 수 있도록 (예컨대, 도 4에 도시된 바와 같이) 수평, 거의 수평 또는 비-수직 위치에서 타워(110)와 함께 견인될 수 있다. 이러한 실시예에서, 터빈 기립은 (예컨대, 밸러스트, 피치 모터, 크레인 등을 추가하는 것을 통해) 풍력 발전 현장에서 발생할 수 있다.

[0059] 다양한 예들에서, 헐(130)이 케이블 및/또는 계류 시스템에 연결된 후, 터빈(700)이 설치될 수 있다. 역풍 수평-축 풍력 터빈을 갖는 일 실시예에서, 타워(110)의 수평 무게 중심은 나셀(170)의 허브(172)를 향해 위치된다. 정적 전복 모멘트가 발생할 수 있고 터빈(700)은 바람으로 기울어질 수 있다. 일부 예들에서 바람으로의 최적의 정적 경사 각도는 5 내지 15도, 7 내지 13도, 9 내지 11도, 4 내지 17도, 3 내지 19도, 2 내지 20도 등의 범위일 수 있다. 특정 저풍속에서, 터빈(700)의 경사는, 다양한 실시예들에서 터빈(700)의 경사 각도가 나셀(170)의 경사 각도를 상쇄할 수 있기 때문에, 증가된 전력 생산을 초래할 수 있다. 더 높은 풍속에서, 일부 예들에서 터빈(700)은 바람의 방향으로부터 기울어질 수 있다.

[0060] 일부 실시예들에서, 핀(118)이 타워(110)의 베이스(114) 및/또는 킬 플레이트(116)에 추가될 수 있으며, 이는 경사하는 타워(110)의 점성 감쇠 효과를 증가시킬 수 있다. 비상 정지 또는 추력의 극적인 변화가 있는 다른 이벤트의 경우에, 부유식 풍력 터빈(100)은 큰 동적 경사 운동을 나타낼 수 있다. 일부 예들에서, 핀(118)은 동적 경사 운동으로부터 주변 유체(102)로 에너지를 소산시킴으로써 헐(130)에 전달되는 하중을 감소시킬 수 있다.

[0061] 전술한 바와 같이, 부유식 풍력 터빈(100)이 유지보수, 해체 등을 위해 항구로 복귀해야 하는 경우, 킬 플레이트(116) 및/또는 타워 베이스(114) 내의 및/또는 상의 밸러스트가 제거될 수 있다. 이는 부유식 풍력 터빈(100)의 드래프트를 감소시켜, 드래프트 제한이 있는 항구로 진입할 수 있게 한다. 또한, 타워(110)는 수직 무게 중심이 피치 축(X)과 정렬되거나 피치 축에 근접할 때(예컨대, 밸러스트의 추가 또는 제거에 기초하여) 대형 예인선에 대한 필요 없이 다양한 예들에서 수평 위치로 이동될 수 있다.

[0062] 따라서, 적어도 하나의 부유식 풍력 터빈(100)을 설치하는 방법은, 타워(110) 및 부유식 풍력 터빈(100)의 헐(130)의 적어도 일부를 조립한 다음 (예컨대, 피치 샤프트(142)를 통해) 타워(110)를 헐(130)에 결합하는 것으로 시작할 수 있는 후속 단계들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 이러한 조립의 일부 또는 전부는 항구 또는 해안선을 포함하는 육지에서, 또는 항구 또는 해안선으로부터 떨어져 발생할 수 있다. 예를 들어, 타워(110) 및 헐(130)(또는 그 일부)은 별개의 피스로 항구 또는 해안선으로 운반될 수 있으며, 이 타워(110) 및 헐(130)(또는 그 일부)은 완전히 또는 실질적으로 완전한 부유식 풍력 터빈(100)을 형성하도록 조립된다.

[0063] 이러한 완전한 또는 실질적으로 완전한 부유식 풍력 터빈(100)은 조립되는 동안 및/또는 항구 또는 해안선으로부터 부유식 풍력 터빈(100)이 설치될 원하는 위치로의 여정의 일부 동안 수평 또는 거의 수평 구성으로 타워(110)를 가질 수 있다. 가능하거나 바람직한 경우, 부유식 풍력 터빈(100)은 수평 또는 거의 수평 구성에 있는 타워(110)로부터 타워(110)가 수직 또는 거의 수직 구성에 있는 직립 구성으로 변환될 수 있다.

[0064] 예를 들어, 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서 타워(110)를 세우는 것은 타워(110)의 무게 중심을 변경하기 위해 타워(110)의 일부 내에 및/또는 일부 상에 밸러스트를 추가하는 것을 포함할 수 있으며, 이는 타워(110)가 자가-직립되게 할 수 있거나, 피치 액추에이터, 크레인 등이 타워(110)를 세울 수 있게 할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 방법 또는 그 일부는 풍력 또는 날씨 등에 의해 야기될 수 있는 손상을 방지하기 위해 부유식 풍력 터빈(100)이 해체, 수리, 하강 또는 이동될 필요가 있을 때 역으로 수행될 수 있다.

[0065] 도 8 내지 도 11을 참조하면, 중심 칼럼(840)과, 이 중심 칼럼(840)에 하나 이상의 각각의 상부 트러스 부재(860), 하나 이상의 각각의 하부 트러스 부재(870) 및 하나 이상의 각각의 크로스-빔(880)을 통해 결합되는 복수의 외부 칼럼(850)을 포함하는 헐 조립체(830)에 결합된 타워(110)를 포함하는 부유식 풍력 터빈(100)의 다른 실시예(100D)가 도시되어 있다. 나셀, 로터 및 터빈과 같은 요소들은 단순화를 위해 이들 도면에 도시되지 않음에 유의한다.

[0066] 타워(110)는 중심 축(Y)을 갖는 타워 샤프트(112)를 포함할 수 있고, 여기서 중심 칼럼(840)은 이 중심 칼럼(840)과 함께 중심 축(Y)을 공유하는 타워 샤프트(112)의 바닥 단부에 배치된다. 도 8 및 도 9의 예들에 도시된 바와 같이, 부유식 풍력 터빈(100)은 상부 및 하부 트러스 부재(860, 870) 및 크로스-빔(880)을 통해 중심 칼럼(840)으로부터 동일한 거리로 이격된 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 외부 칼럼(850)은 타워(110) 및 중심 칼럼(840)의 중심 축(Y)에 평행한 별개의 각각의 중심 축을 가질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 외부 칼럼(850) 및/또는 중심 칼럼(840)은 본 명세서에서 논의된 바와 같이 공기 및/또는 물과 같은 유체를 유지하도록 구성된 밸러스트 탱크를 포함할 수 있다.

[0067] 또한, 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들은 중심 칼럼(840)에 대해 동일하게 이격될 수 있고, 각각의 인접한 외부 칼럼(850)은 중심 축(Y)에 대해 서로 90° 일 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제3 외부 칼럼(850A, 850C)은 중심 축(Y)과 일치하는 제1 공통 평면에 배치될 수 있다. 제2 및 제4 외부 칼럼(850B, 850D)은 중심 축(Y)과 일치하고 제1 및 제3 외부 칼럼(850A, 850C)의 제1 공통 평면에 수직인 제2 공통 평면에 배치될 수 있다.

[0068] 또한, 다양한 실시예들에서, 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들은, 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들의 하부가 제3 공통 평면 내에 배치되고 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들의 상부가 제3 공통 평면에 평행하고 중심 축(Y)에 수직인 제4 공통 평면 내에 배치되도록, 동일한 길이를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, (예컨대, 10 내지 15MW 터빈(700)) 부유식 풍력 터빈은 180 내지 230m의 로터 직경을 가질 수 있다. 다양한 예들에서, 타워(110)는 100 내지 150m의 높이를 가질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 칼럼(840, 850)은 8 내지 12m의 직경을 가질 수 있다. 일부 예들에서, 외부 칼럼(850)은 중심 칼럼(840)으로부터 40 내지 50m일 수 있다(예컨대, 상부 및/또는 하부 트러스 부재(860, 870)는 40 내지 50m 길이일 수 있다). 일부 예들에서, 칼럼은 30 내지 40m의 높이를 가질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 칼럼(840, 850)은 15 내지 25m의 작동 드래프트를 가질 수 있다.

[0069] 도 8 내지 도 11의 부유식 풍력 터빈(100)의 예시적인 실시예(100D)에 도시된 바와 같이, 각각의 외부 칼럼(850)은 한 쌍의 상부 트러스 부재(860)들을 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 외부 칼럼(850A)은 제1 및 제2 상부 트러스 부재(860A1, 860A2)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 한 쌍의 상부 트러스 부재(860)들은 각각의 외부 칼럼(850)의 상부 단부로부터 한 쌍의 상부 트러스 부재(860)들 사이의 거리가 중심 칼럼(840)을 향해 증가하는 각도로 연장될 수 있다. 예를 들어, 이러한 각도는 2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, 18°, 20°, 22°, 24°, 26° 등일 수 있고, 이러한 값들 사이의 범위를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 상부 트러스 부재(860)는 중심 축(Y)에

수직인 공통 평면에서 중심 칼럼(840)을 향해 연장되도록 구성될 수 있다.

[0070] 다양한 실시예들에서, 상부 트러스 부재(860)는 도 8 내지 도 11의 부유식 풍력 터빈(100)의 예시적인 실시예(100D)에 도시된 바와 같이 원통형 바일 수 있지만, 추가 실시예에서, 상부 트러스 부재(860)는 I-빔, 박스 트러스 등과 같은 임의의 적합한 형태일 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에서, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25, 100 등과 같은 각각의 외부 칼럼(850)과 관련된 임의의 적절한 수의 상부 트러스 부재(860)가 있을 수 있다. 또한, 플레이트, 통로 등과 같은 다양한 구조물이 상부 트러스 부재(860)와 연관될 수 있다.

[0071] 도 8 내지 도 11의 부유식 풍력 터빈(100)의 예시적인 실시예(100D)에 도시된 바와 같이, 각각의 외부 칼럼(850)은 하부 트러스 부재(870)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 외부 칼럼(850A)은 제1 하부 트러스 부재(870A)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제2 외부 칼럼(850B)은 제2 하부 트러스 부재(870B)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제3 외부 칼럼(850C)은 제3 하부 트러스 부재(870C)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제4 외부 칼럼(850D)은 제4 하부 트러스 부재(870D)를 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있다.

[0072] 다양한 실시예들에서, 하부 트러스 부재(870)는 플레이트 및/또는 하나 이상의 바와 같은 다양한 적합한 구조를 포함할 수 있다(예컨대, 한 쌍의 하부 트러스 바(874)를 덮는 하부 트러스 플레이트(872)를 도시하는 도 9 및 도 10 참조). 일부 실시예들에서, 한 쌍의 하부 트러스 바(874)가 각각의 외부 칼럼(850)의 하부 단부로부터 연장되는 경우, 이러한 하부 트러스 바는 한 쌍의 상부 트러스 부재(860) 사이의 거리가 중심 칼럼(840)을 향해 증가하는 각도로 연장될 수 있다. 예를 들어, 이러한 각도는 2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, 18°, 20°, 22°, 24°, 26° 등일 수 있고, 이러한 값들 사이의 범위를 포함한다. 일부 예들에서, 이러한 각도는 상부 트러스 부재(860)와 동일할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 하부 트러스 부재(870)는 중심 축(Y)에 수직인 공통 평면에서 중심 칼럼(840)을 향해 연장되도록 구성될 수 있고, 일부 예들에서 이러한 공통 평면은 상부 트러스 부재(860)의 공통 평면에 평행할 수 있다.

[0073] 다양한 실시예들에서, 하부 트러스 바(874)는 원통형 바일 수 있지만, 다른 실시예들에서, 이러한 하부 트러스 바(874) 또는 하부 트러스 부재(870)는 I-빔, 박스 트러스 등과 같은 임의의 적합한 형태일 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에서, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25, 100 등과 같은 각각의 외부 칼럼(850)과 관련된 임의의 적절한 수의 하부 트러스 바(874) 또는 하부 트러스 부재(870)가 있을 수 있다.

[0074] 도 8 내지 도 11의 부유식 풍력 터빈(100)의 예시적인 실시예(100D)에 도시된 바와 같이, 크로스-빔(880)은 각각의 외부 칼럼(850)과 중심 칼럼(840) 사이에서 각각의 외부 칼럼(850)의 하부 단부로부터 중심 칼럼(840)의 상부 단부에서의 각각의 위치까지 연장될 수 있다. 그러나, 다른 실시예에서, 크로스-빔(880)은 각각의 외부 칼럼(850)과 중심 칼럼(840) 사이에서 각각의 외부 칼럼(850)의 상부 단부로부터 중심 칼럼(840)의 하부 단부에서의 각각의 위치로 연장될 수 있다.

[0075] 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 외부 칼럼(850A)은 제1 크로스-빔(880A)을 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제2 외부 칼럼(850B)은 제2 크로스-빔(880B)을 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제3 외부 칼럼(850C)은 제3 크로스-빔(880C)을 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있고, 제4 외부 칼럼(850D)은 제4 크로스-빔(880D)을 통해 중심 칼럼(840)에 결합될 수 있다.

[0076] 추가적으로, 4개의 크로스-빔(880A, 880B, 880C, 880D)들은 중심 축(Y)을 중심으로 서로 90° 인 각각의 인접한 크로스-빔(880)과 함께 중심 칼럼(840)을 중심으로 동일하게 이격될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제3 크로스-빔(880A, 880C)은 중심 축(Y)과 일치하는 제1 공통 평면에 배치될 수 있고, 제2 및 제4 크로스-빔(880B, 880D)은 중심 축(Y)과 일치하고 제1 및 제3 크로스-빔(880A, 880C)의 제1 공통 평면에 수직인 제2 공통 평면에 배치될 수 있다.

[0077] 다양한 실시예들에서, 크로스-빔(880)은 원통형 바일 수 있지만, 추가 실시예에서, 이러한 크로스-빔(880)은 I-빔, 박스 트러스 등과 같은 임의의 적합한 형태일 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에서, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25, 100 등과 같은 각각의 외부 칼럼(850)과 연관된 임의의 적절한 수의 크로스-빔(880)이 있을 수 있다.

[0078] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같은 세워진 구성과 도 10에 도시된 바와 같은 접힌 구성 사이에서 구성을 변경하도록 작동 가능할 수 있다. 예를 들어, 외부 칼럼(850)은, 헐 조립체(830)의 최대 치수를 감소시키기 위해 외부 칼럼(850)이 중심 축(Y)에 더 가깝게 후퇴되도록 외부 칼럼(850)이 타워 본체(110)에 대해 상향 및/또는 하향으로 절첩될 수 있도록 중심 칼럼(840)에 개별적으로 이동 가능하게 결합될 수 있으며, 이는 본 명세서에서 논의되는 바와 같은 일부 예들에서 부유식 풍력 터빈(100)의 수

송에 바람직할 수 있다.

[0079] 예를 들어, 도 10에 도시된 바와 같이, 제1 쌍의 인접한 외부 칼럼(850B, 850C)은 외부 칼럼(850)이 중심 축(Y)에 더 가깝게 수축되어 외부 칼럼(850B, 850C)의 이러한 쌍이 중심 칼럼(840)의 저부 아래에 완전히 또는 적어도 부분적으로 배치되도록 타워 본체(110)에 대해 하방으로 접히도록 구성될 수 있다. 제2 쌍의 인접한 외부 칼럼(850A, 850D)은 외부 칼럼(850)이 중심 축(Y)에 더 가깝게 수축되어 외부 칼럼(850A, 850D)의 이러한 쌍이 타워 본체(110)의 타워 샤프트(112) 주위에서 중심 칼럼(840)의 상부 위에 완전히 또는 적어도 부분적으로 배치되도록 타워 본체(110)에 대해 상방으로 접히도록 구성될 수 있다.

[0080] 다양한 실시예들에서, 도 10의 예에 도시된 바와 같이, 외부 칼럼(850)의 각각의 메인 축은 도 10의 접힌 구성에서 및/또는 외부 칼럼(850)이 직립 구성으로부터 접힌 구성으로 상방 또는 하방으로 접히는 프로세스 동안 중심 축(Y)에 평행하게 유지될 수 있다. 일부 실시예들에서 이러한 접힘은 외부 칼럼(850)과 중심 칼럼(840) 사이의 하나 이상의 회전 가능한 커플링 및/또는 외부 칼럼(850)과 중심 칼럼(840) 사이의 하나 이상의 병진 회전 커플링에 기초할 수 있다.

[0081] 예를 들어, 상부 및 하부 트러스 부재(860, 870)의 각각의 단부는 각각의 외부 칼럼(850) 및 중심 칼럼(840)에 회전 가능하게 결합될 수 있으며, 이는 외부 칼럼(850)이 위 및/또는 아래로 회전 가능하게 접힐 수 있게 한다. 또한, 중심 칼럼(840)에 회전 가능하게 결합된 크로스-빔(880)의 단부는 중심 칼럼(840) 및/또는 타워 본체(110)의 타워 샤프트(112)의 길이를 따라 위 및/또는 아래로 병진하도록 구성될 수 있고, 각각의 외부 칼럼(850)에 결합된 크로스-빔(880)의 대향 단부는 외부 칼럼(850)이 위 및/또는 아래로 회전 가능하게 접힐 때 크로스-빔(880)이 중심 칼럼(840) 및/또는 타워 샤프트(112)를 향해 접힐 수 있도록 각각의 외부 칼럼(850)에 회전 가능하게 결합될 수 있다.

[0082] 예를 들어, 도 9 및 도 10을 참조하면, 제1 쌍의 인접한 외부 칼럼(850B, 850C)은 타워 본체(110)에 대해 하방으로 회전 가능하게 접히도록 구성될 수 있으며, 이때 크로스-빔(880B, 880C)의 대향 단부는 각각의 크로스-빔 하부 트랙(820)을 통해 중심 칼럼(840)의 면을 따라 하방으로 병진하는 중심 칼럼(840)에 결합되어, 크로스-빔(880B, 880C)이 제2 및 제3 크로스-빔(880B, 880C)의 단부에서의 회전 가능한 커플링에 기초하여, 도 10의 접힌 구성으로, 중심 칼럼(840)을 향해 절첩될 수 있게 한다(제2 크로스-빔(880B)의 하부 트랙(820B)은 도 9에 도시되어 있다). 따라서, 제1 쌍의 인접한 외부 칼럼(850B, 850C)은 이러한 쌍의 외부 칼럼(850B, 850C)이 중심 칼럼(840)의 바닥 아래에 완전히 또는 적어도 부분적으로 배치되도록 중심 축(Y)에 더 가깝게 접힌다.

[0083] 제2 쌍의 인접한 외부 칼럼(850A, 850D)은, 제1 및 제4 크로스-빔(880A, 880D)의 단부에서의 회전 가능한 커플링에 기초하여, 크로스-빔(880A, 880D)이 도 10의 접힌 구성으로 타워 본체(110)를 향해 접힐 수 있게 하기 위해, 중심 칼럼(840)에 결합된 크로스-빔(880A, 880D)의 대향 단부가 각각의 크로스-빔 상부 트랙(810A, 810B)을 통해 타워 본체(110)의 타워 샤프트(112)의 면을 따라 상방으로 병진하는 상태로, 타워 본체(110)에 대해 상방으로 회전 가능하게 접히도록 구성될 수 있다. 따라서, 제2 쌍의 인접한 외부 칼럼(850A, 850D)은 중심 축(Y)에 더 가깝게 상방으로 접혀서, 이러한 제2 쌍의 외부 칼럼(850A, 850D)이 타워 본체(110)의 타워 샤프트(112)에 근접하여 그리고 그 주위에서 중심 칼럼(840)의 상부 위에 완전히 또는 적어도 부분적으로 배치되도록 한다.

[0084] 외부 칼럼(850)의 세워진 구성으로부터 접힌 구성으로의 접힘(및 그 반대)은 다양한 적합한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시형태들에서, 크로스-빔 상부 및 하부 트랙(810, 820)에서의 크로스-빔(880)의 병진 결합은 본 명세서에서 논의된 바와 같이 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)의 부력에 기초할 수 있고/있거나 구동(예컨대, 유체, 전기, 또는 연료-구동식)될 수 있으며, 이는 위 및/또는 아래로의 외부 칼럼(850)의 구동식 작동을 야기하는 크로스-빔 상부 및 하부 트랙(810, 820)에서의 상하 이동을 허용할 수 있다. 따라서, 다양한 실시예들에서, 직립/연장 구성과 접힘 구성과의 사이에서 부유식 풍력 터빈(100)을 구성하는 것은 크로스-빔 상부 및 하부 트랙(810, 820)에서 크로스-빔(880)의 수동적 및/또는 구동식 병진에 기초하여 구동될 수 있다.

[0085] 추가 실시예에서, 크로스-빔(880)의 병진은 사용자가 크랭크를 회전시키거나 또는 다른 방식으로 외부 기계적 힘을 인가하는 것에 의한 것과 같이 기계적일 수 있다. 다른 실시예에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 다른 부분은 케이블, 윈치, 회전 가능한 커플링 상의 모터 등과 같이 외부 칼럼(850)의 작동을 유발하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 외부 칼럼(850)의 작동은 크레인 등과 같은 외부 장치에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 외부 칼럼(850)의 작동은, 중심 칼럼(840) 및/또는 하나 이상의 외부 칼럼(850) 내로 도입되거나 그로부터 제거되는 밸러스트 및/또는 공기에 기초하는 것과 같은, 중력의 힘 또는 부력에 기초하여 수행될 수 있다.

[0086] 일부 실시예들에서, 도 8 내지 도 11에 도시된 바와 같이, 외부 칼럼(850)은 세워진 구성으로부터 접힌 구성으로 위 또는 아래로 접히도록 구성될 뿐이다. 예를 들어, 주어진 외부 칼럼(850)은 단지 크로스-빔 상부 트랙(810) 또는 크로스-빔 하부 트랙(820)과 연관될 수 있으며, 이는 주어진 외부 칼럼(850)이 직립 구성으로부터 접힘 구성으로 위 또는 아래로 접히도록 단지 작동 가능하게 할 수 있다. 도 8 내지 도 11의 예에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 단지 2개의 크로스-빔 상부 트랙(810) 및 2개의 크로스-빔 하부 트랙(820)을 가지며, 이는 제1 쌍의 외부 칼럼(850B, 850C)이 단지 하향으로만 접히도록 구성되고 제2 쌍의 외부 칼럼(850A, 850D)이 단지 상향으로만 접히도록 구성되게 한다.

[0087] 그러나, 일부 실시예들에서, 외부 칼럼(850) 중 하나 이상은 양방향 접힘을 위해 구성될 수 있고, 예를 들어 상부 및 하부 크로스-빔 트랙(810, 820) 둘 다를 가질 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 외부 칼럼(850)들 각각은 개별적으로 작동될 수 있거나, 또는 항상 그룹으로서 작동되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 쌍의 외부 칼럼(850B, 850C)은 그룹으로서 함께 작동되도록 구성될 수 있고; 제2 쌍의 외부 칼럼(850A, 850D)은 그룹으로서 함께 작동되도록 구성될 수 있고; 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들 모두는 그룹으로서 함께 작동되도록 구성될 수 있는 등이다.

[0088] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 조립 및/또는 분해를 위해 피스로 구성될 수 있으며, 이는 본 명세서에서 논의된 바와 같이 운송에 바람직할 수 있다. 예를 들어, 상부 트러스 부재(860), 하부 트러스 부재(870) 및/또는 크로스-빔(880)은 이러한 요소가 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)과 쉽게 결합 및 분리될 수 있게 하는 커플링(예컨대, 핀, 볼트 등을 통해)을 가질 수 있어서, 상부 트러스 부재(860), 하부 트러스 부재(870) 및/또는 크로스-빔(880)은 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)으로부터 분리될 수 있고, 이는 외부 칼럼(850) 및 이러한 요소들이 서로로부터 그리고 중심 칼럼(840)으로부터 분리될 수 있게 한다. 일부 실시예들에서, 중심 칼럼(840)은 타워(110)로부터 분리될 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에서, 나셀(170), 블레이드(174), 로터 등과 같은 요소들은 서로로부터 및/또는 타워(100)로부터 분해되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 이러한 커플링들 중 하나 이상은 용접 또는 다른 일체형 커플링 대신에 비-영구적인 커플링일 수 있다.

[0089] 단일 부유식 풍력 터빈(100) 또는 복수의 부유식 풍력 터빈(100)의 어레이는 다양한 적절한 방식으로 제조, 직립 또는 위치될 수 있으며, 다양한 부분은 육지 및/또는 수역(102) 상에서 발생한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 타워(110), 나셀(170), 블레이드(174), 중심 칼럼(840), 외부 칼럼(850), 상부 트러스 부재(860), 하부 트러스 부재(870), 및/또는 크로스-빔(880)과 같은 요소들은 개별적으로 제조되고, 제조 위치로부터 항구, 도크, 또는 수역(102)의 다른 위치로 분해되거나, 부분적으로 조립되거나, 또는 완전히 조립된 형태로 운송될 수 있다.

[0090] 예를 들어, 예시로서 도 8 내지 도 11을 사용하여, 일부 실시예들에서 헐 조립체(830)는 완전히 조립되고(그리고 타워(110)와 결합될 수 있거나 결합되지 않을 수 있음) 접힌 구성(예컨대, 도 10 참조)으로 수역(102)으로 운반될 수 있다. 일부 예들에서, 중심 칼럼(840), 외부 칼럼(850), 상부 트러스 부재(860), 하부 트러스 부재(870), 및/또는 크로스-빔(880)은 개별적으로 제조되고 분해된 세트로 수역으로 이송되어 수역(102)에서 조립될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 위로 접힌 외부 칼럼(850)이 과도하게 접히거나 접힌 구성으로 바람직하지 않게 이동하는 대신에 타워(110)와 맞물릴 수 있도록 타워(110)가 접힌 구성으로 존재하는 것이 필요할 수 있다.

[0091] 일부 실시예들에서, 타워(110)가 육상에서 또는 육상 부근에서 헐 조립체(830) 상에 통합되는 경우, 다양한 예들에서 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 항구로부터 부유식 풍력 터빈(100)이 설치될 수역(102) 상의 위치로 견인될 수 있다. 많은 항구는 이전에 설명된 바와 같은 드래프트 또는 에어 드래프트 제한을 가지며, 이는 수역(101)의 표면으로부터 선박, 선박 상의 화물 또는 선박에 의해 견인되는 화물 상의 최고점까지의 거리일 수 있다. 드래프트 제한은 7m, 8m, 9m, 10m, 12m 등과 같거나 작을 수 있다. 에어 드래프트 제한은 35m, 40m, 45m, 50m, 55m, 60m, 70m, 75m, 80m, 85m, 90m 등과 같거나 작을 수 있다. 일단 이들 장애물 또는 제한이 해제되면, 부유식 풍력 터빈(100)은 더 큰 드래프트, 또는 더 큰 에어 드래프트, 또는 더 큰 드래프트 및 더 큰 에어 드래프트 둘 모두를 갖도록 재구성될 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)은 접힌 구성으로부터 세워진 구성으로 구성될 수 있으며, 여기서 접힌 구성은 장애물들 또는 제한들(예컨대, 드래프트 제한들)에 순응하거나 호환가능하지만, 세워진 구성은 장애물들 및 제한들 중 하나 또는 둘 모두에 순응하거나 호환되지 않을 것이다.

[0092] 도 8 내지 도 11을 예로서 사용하여, 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)을 기립시키기 위한 프로세스는 하나 이상의 전방 플로트(예컨대, 제1 및 제4 외부 칼럼(850A, 850D)) 및/또는 밸러스트(예컨대, 부유식 풍력 터빈(100)이 배치되는 수역(102)으로부터의 물)로 채워지는 중심 칼럼(840)을 포함할 수 있어서, 하나 이상

의 전방 플로트(예컨대, 제1 및 제4 외부 칼럼(850A, 850D))는 수역(102) 내로 침강(sunk)되어 (예컨대, 도 11에 도시된 바와 같이) 연장된 구성에 도달한다. 그렇게 함에 있어서, 크로스-빔(880)은 그들 각각의 상부 트랙(810)을 따라 통과될 수 있고, (예컨대, 일시적으로) 제자리에 고정될 수 있다.

[0093] 다양한 실시예들에서, (예컨대, 하나 이상의 칼럼(840, 850)을 밸러스트로 충전하는 것에 기초하여) 수면 아래의 수역(102) 내로 부유식 풍력 터빈(100)이 침강하는 것은 하나 이상의 후방 플로트(예컨대, 제2 및 제3 칼럼(850B, 850C))가 (예컨대, 도 10에 도시된 바와 같은) 접힌 구성으로부터 (예컨대, 도 11에 도시된 바와 같은) 연장된 구성으로 이동하게 할 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)이 수역(102) 내에 충분한 레벨로 침강한 경우, 하나 이상의 후방 탱크(예컨대, 제2 및 제3 칼럼(850B, 850C))의 부력은 이러한 후방 탱크의 크로스-빔(880)이 하부 트랙(820)을 가로질러 통과하여 도 11에 도시된 바와 같이 연장 위치에 도달하게 할 수 있다.

[0094] 크로스-빔(880)은 (예컨대, 일시적으로) 제자리에 고정될 수 있고, 부유식 풍력 터빈(100)은 다양한 실시예들에서 후방 플로트(들)(예컨대, 제2 및 제3 칼럼(850B, 850C))를 부분적으로 충전하면서 전방 플로트(들)(예컨대, 제1 및 제4 칼럼(850A, 850D)) 및/또는 중심 칼럼(840)을 (예컨대, 부분적으로) 배기함으로써 세워진 구성으로 기립될 수 있다. 밸러스트의 변화는 큰 직립 모멘트를 생성할 수 있고, 이는 부유식 풍력 터빈(100) 및 터빈(700)이 도 11에 도시된 바와 같은 구성으로부터 직립하게 하고 도 8에 도시된 바와 같은 작동적인 세워진 구성에 도달하게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 크로스-빔(880)은 크로스-빔이 병진하는 것을 방지하는 핀을 크로스-빔(880)에 삽입함으로써 제 위치에 고정될 수 있다. 일부 예들에서 이러한 핀 삽입은 예컨대 지지 선박(support vessel) 등의 조작자에 의해 원격으로 촉발될 수 있다.

[0095] 일부 실시예들에서, 외부 칼럼(850)들은 하나씩 연장될 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 칼럼(850)에 도입 및/또는 그로부터 제거되는 밸러스트에 기초하여 (예컨대, 메인 축(Y)을 중심으로) 회전할 수 있으며, 이는 외부 칼럼(850)이 순차적으로 하나씩 연장될 수 있는 것을 용이하게 하는 데 바람직할 수 있다. 예를 들어, 제1의 접힌 하향으로 향하는 외부 칼럼(850)은 이러한 제1의 접힌 외부 칼럼(850)에 추가되는 밸러스트에 기초하여 연장될 수 있어, 이를 침강하게 하고 연장되게 할 수 있다. 하나 이상의 외부 칼럼(850)의 부력을 변경하는 것은 부유식 풍력 터빈(100)이 회전하게 하고, 제2의 접힌 외부 칼럼(850)이 하향 배향되게 해서, 제2의 접힌 외부 칼럼(850)이 아래쪽으로 침강하고 연장될 수 있게 한다. 추가의 접힌 칼럼(850)은 유사한 방식으로 순차적으로 연장될 수 있다.

[0096] 일부 실시예들에서, 이러한 작동적인 직립 구성에서, 하부 트러스 부재(870)는 물(102)의 표면(101) 아래의 수역(102) 내에 완전히 잠길 수 있고; 중앙 및 외부 칼럼(840, 850)은 부분적으로 물(102)에 잠길 수 있으며, 이때 바닥 부분은 표면(101) 아래의 수역(102) 내에 잠기고 상부 부분은 표면(101) 위의 물(102) 밖에 있고; 상부 트러스 부재(860)는 물(102)의 표면(101) 위에 있을 수 있고; 타워(110)는 물(102)의 표면(101) 위에 있을 수 있다. 다양한 실시예들에서, 물(102)의 표면(101) 위/아래의 중앙 및 외부 칼럼(840, 850)의 레벨은 중앙 및 외부 칼럼(840, 850)의 밸러스트 탱크 내의 밸러스트 및/또는 공기의 양에 기초하여 변경될 수 있다.

[0097] 일부 실시예들에서, 접힌 구성(예컨대, 도 10)으로부터 연장된 구성(예컨대, 도 11)으로의 외부 칼럼(850)의 일부 또는 전부의 이동은 완전히 부력 및/또는 중력에 기초할 수 있다. 예를 들어, 상부 트러스 부재(860), 하부 트러스 부재(870) 및/또는 크로스-빔(880)의 구동 또는 다른 능동적 동력 작동은 없을 수 있다. 다시 말해서, 일부 실시예들에서, 접힌 구성과 연장된 구성 사이에서 부유식 풍력 터빈(100)의 구성을 변경하는 것은 밸러스트 또는 공기가 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)에 도입되거나 그로부터 제거되는 것에 실질적으로 또는 완전히 기초할 수 있다.

[0098] 일 실시예에서, 밸러스트 펌프는 부유식 풍력 터빈(100) 상에 위치되고, (예컨대, 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)의) 밸러스트 탱크의 충전을 실행하도록 원격으로 작동될 수 있다. 다른 실시예에서, (예컨대, 중심 칼럼(840) 및/또는 외부 칼럼(850)의) 밸러스트 탱크는 원격 작동 차량(ROV) 또는 다이버를 통해 칼럼 상의 밸브를 개방함으로써 충전된다. 다른 실시예에서, 밸러스트 탱크는 호스를 통해 보트, 선박 등과 같은 지지 선박 상의 밸러스트 펌프에 연결된다. 그러한 실시예에서, 그러한 밸러스트 탱크는 역방향으로 구동되는 동일한 펌프를 사용하여 충전되고 배출될 수 있다.

[0099] 다양한 예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)이 직립되고 전기 케이블 시스템(155) 및/또는 계류 시스템(150)에 연결된 후에, 터빈(700)은 부유식 풍력 터빈(100)에 대한 부착을 위해 공급될 수 있지만; 일부 실시예들에서, 터빈(700)은 해안에서 설치되거나 수상에서 설치 위치로 수송될 수 있고, 부유식 풍력 터빈(100)이 직립될 때 존재할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 나셀(170) 및 블레이드(174)가 미리 설치된 상태로 기립 기동이 수행될 수 있거나, 나셀(170) 및 블레이드(174)가 미리 설치되지 않은 상태로 기립 기동이 수행될 수 있으며,

이때 이러한 요소들은 기립 기동 후에 추가될 수 있다. 일부 실시예들은 수평으로 사전 조립될 수 있는 나셀(170) 및 블레이드(174)를 포함할 수 있다.

[0100] 앞서 설명한 바와 같이, 부유식 풍력 터빈(100)이 유지보수, 해체 등을 위해 항구로 복귀하는 경우, 이러한 설치 또는 직립 방법은 일부 또는 전부 역순이 될 수 있다. 이는 부유식 풍력 터빈(100)의 드래프트를 감소시켜, 드래프트 제한이 있는 항구에 진입하거나 얕은 물에 접근할 수 있게 한다. 또한, 타워(110)는 수직 무게 중심이 타워 축(X)과 정렬되거나 타워 축에 근접할 때 대형 예인선에 대한 필요 없이 다양한 예들에서 수평 위치로 이동될 수 있다. 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은, 해안으로의 또는 그로부터의 이동을 위하여, 바지선(예컨대, 잠수식 바지선)에 적재될 수 있다.

[0101] 따라서, 적어도 하나의 부유식 풍력 터빈(100)을 설치하는 방법은 타워(110)와 헐 조립체(830)의 부분들을 조립한 다음 타워(110)를 헐 조립체(830)에 결합하는 것으로 시작할 수 있는 후속 단계들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 이러한 조립의 일부 또는 전부는 항구 또는 해안선을 포함하는 육지에서, 또는 항구 또는 해안선으로부터 떨어져 발생할 수 있다. 예를 들어, 타워(110) 및 헐 조립체(830)(또는 그 일부)는, 타워(110) 및 헐 조립체(830)(또는 그 일부)가 완전히 또는 실질적으로 완벽한 부유식 풍력 터빈(100)을 형성하도록 조립되는 상태로, 별개의 피스로서 항구 또는 해안선으로 운반될 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 타워(110) 및 헐 조립체(830) 각각은 병렬로 조립될 수 있다. 예를 들어, 외부 칼럼(850)은 타워(110)의 조립 동안 크로스-빔(880)뿐만 아니라 하부 및 상부 트러스 부재(860, 870)에 부착될 수 있다.

[0102] 일 실시예에서, 타워(110)의 하부 섹션과 타워 베이스가 정합된다. 중앙 타워(110)는 전방 플로트(예컨대, 제1 및 제4 외부 칼럼(850A, 850D))가 아래에 연결될 수 있도록 임시 지지부로 지면으로부터 들어올려질 수 있다. 예를 들어, 2개의 전방 플로트들은 (예컨대, 핀 베어링을 통해) 중심 칼럼(840)에 연결될 수 있다. 2개의 후방 플로트(예컨대, 제2 및 제3 외부 칼럼(850B, 850C))들은 (예컨대, 핀 베어링을 통해) 중심 칼럼(840)에 연결될 수 있다. 나셀, 로터 등과 같은 타워의 나머지 섹션은 타워 샤프트(112)에 부착될 수 있다.

[0103] 이러한 완전한 또는 실질적으로 완벽한 부유식 풍력 터빈(100)은 조립되는 동안 및/또는 항구 또는 해안선으로부터 부유식 풍력 터빈(100)이 설치될 원하는 위치로의 여정의 일부 동안 타워(110)를 수평 또는 거의 수평 구성으로 할 수 있다. 일 실시예에서, 터빈은 수평 위치에서 타워 베이스와 정합될 수 있다. 이러한 실시예는 타워 섹션, 나셀 및 블레이드를 들어올리기 위해 더 작고 더 쉽게 이용 가능한 크레인(예컨대, 갠트리 크레인)을 사용할 수 있다. 터빈 설치 전, 도중, 또는 직후에, 고체 밸러스트가 구조물의 무게 중심을 낮추기 위해 중앙 또는 외부 칼럼(840, 850)에 추가될 수 있다. 일 실시예에서, 고체 밸러스트는 배터리들의 형태를 취할 수 있다.

[0104] 다른 실시예에서, 플랫폼은 터빈에 대한 항력이 감소될 수 있도록 수평 위치에서 터빈과 함께 견인된다. 하나의 그러한 실시예에서, 터빈 기립은 풍력 발전 단지 현장에서 발생할 수 있다. 예를 들어, 가능하거나 바람직한 경우, 부유식 풍력 터빈(100)은 수평 또는 거의 수평 구성에 있는 타워(110)로부터 타워(110)가 수직 또는 거의 수직 구성에 있는 직립 구성으로 전환될 수 있으며, 따라서 이는 계류 및 케이블링 시스템에 연결될 수 있다.

[0105] 일부 실시예들에서, 터빈이 타워(110) 상에 통합되면, 다양한 예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 항구로부터 견인될 수 있다. 많은 항구에는 앞에서 설명한 바와 같이 드래프트 또는 에어 드래프트 제한이 있다. 일 실시예에서, 완전히 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 바지선 상에서 운반될 수 있다. 다른 실시예에서, 완전히 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 (예컨대, 도 10에 도시된 바와 같이 접힌 형태로) 물 내로 직접 미끄러져 들어가 견인 라인(410)을 통해 견인될 수 있다. 다른 실시예에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 조립 공정이 완료된 후에 물로 채워질 수 있는 드라이 도크에서 조립될 수 있다. 그 다음, 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 항구 밖으로 그리고 해상 위치(예컨대, 풍력 단지 현장)로 견인될 수 있으며, 이는 일부 예들에서 표준 예인선을 통해 이루어질 수 있다. 이러한 방식으로, 완전히 조립된 부유식 풍력 터빈(100)은 해상 운송을 위해 바지선에 선적될 수 있다.

[0106] 다양한 실시예들에서, 일단 항구 장애물, 제한 또는 얕은 물에서 해제되면, 부유식 풍력 터빈(100)은 기립될 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)은 중심 또는 외부 칼럼(840, 850)이 없거나 실질적으로 없이 밸러스트(예컨대, 물)와 함께 도 10에 도시된 바와 같은 접힌 구성에서 견인 라인(410)을 통해 항구 밖으로 견인될 수 있다.

[0107] 부유식 풍력 터빈(100)은 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 부력을 변경하기 위해 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)(예컨대, 제1 및 제4 외부 칼럼(850A, 850D)) 및/또는 중심 칼럼(840)이 밸러스트(예컨대, 물)로 채워

짐으로써 (예컨대, 도 10에 도시된 바와 같이) 접힌 구성으로부터 기립되어서, 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)이 수역(102) 내에 침강하고 (예컨대, 도 11에 도시된 바와 같이) 연장된 구성에 도달할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 구성 변경은 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 크로스-빔(880)들이 그들 각각의 상부 트랙(810)을 따라 병진하는 것을 포함할 수 있다.

[0108] 다양한 실시예들에서, 도 11의 예에 도시된 바와 같이, 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 연장은 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)이 물(102)에 부분적으로 잠수되는 것으로부터 물(102) 내에 완전히 잠수되는 것까지를 포함할 수 있고, 중심 칼럼(840)이 물(102)에 부분적으로 잠수되는 것으로부터 물(102) 내에 완전히 잠수되는 것까지를 포함할 수 있다.

[0109] 다양한 실시예들에서, 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)(예컨대, 제2 및 제3 칼럼(850B, 850C))은 (예컨대, 도 10에 도시된 바와 같은) 접힌 구성으로부터 (예컨대, 도 11에 도시된 바와 같은) 연장된 구성으로 이동할 수 있다. 예를 들어, 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 부력은, 도 11에 도시된 바와 같이, 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 크로스-빔(880)이 하부 트랙(820)을 따라 병진하여 연장 위치에 도달하게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)은 수역(102)의 표면(101) 상에 부유 상태로 유지될 수 있으며, 이때 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 일부는 물(102) 내에 배치되고 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 일부는 접힌 구성으로부터 연장된 구성으로의 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 병진 전체에 걸쳐 물 밖에서 유지된다.

[0110] 일부 실시예들에서, 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 연장 및 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 연장은 동시에 발생할 수 있거나 임의의 적합한 순서로 순차적으로 발생할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 수역(102) 내로의 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850) 및 중심 칼럼(840)의 침강은 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 부력에 기초하여 수역(102)의 표면(101) 상에 부유된 채로 남아있는 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)에 기초하여 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 연장을 야기할 수 있다.

[0111] 부유식 풍력 터빈(100)은 다양한 실시예들에서 제1 세트의 하나 이상의 칼럼(850) 및/또는 중심 칼럼(840)으로부터 밸러스트를 제거함으로써 직립 구성으로 기립될 수 있다. 추가적으로, 일부 예들에서, 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)은 이러한 기립 동안 밸러스트로 적어도 부분적으로 채워질 수 있다. 제1 및/또는 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 밸러스트의 이러한 변화는 직립 모멘트를 생성할 수 있으며, 이는 부유식 풍력 터빈(100)이 도 11에 도시된 바와 같은 구성으로부터 직립하게 하여 도 8에 도시된 바와 같은 작동적인 직립 구성에 도달하게 할 수 있다.

[0112] 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)은 동일한 양의 밸러스트로 충전되어 제1 및 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 동일한 부력을 생성할 수 있거나, 그렇지 않으면 제1 및 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 밸러스트는 제1 및 제2 세트의 하나 이상의 칼럼(850)의 동일한 부력을 생성하도록 구성될 수 있다(예컨대, 상이한 중량을 갖는 칼럼에 대한 상이한 양의 밸러스트).

[0113] 부유식 풍력 터빈(100)의 다양한 예는 4개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C, 850D)들을 포함할 수 있지만, 추가 실시예는 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 25, 100 등을 포함하여, 본 명세서에서 논의된 바와 같은 임의의 적합한 수의 칼럼(850)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 12는 3개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C)을 갖는 부유식 풍력 터빈(100)의 예시적인 실시예를 도시한다.

[0114] 본 예에서, 3개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C)들은 중심 칼럼(840)을 중심으로 동일하게 이격되어 도시되고, 각각의 인접한 외부 칼럼(850)은 중심 축(Y)을 중심으로 서로 120° 이고, 이는 중심 축(Y)과 일치하는 3개의 대칭 평면을 규정할 수 있다. 4개의 외부 칼럼(850)들을 갖는 실시예의 설명은 일부 예들에 따라 또 다른 수(예를 들어, 3개)의 외부 칼럼(850)들을 갖는 실시예에 동일하게 적용될 수 있다는 것이 분명해야 한다.

[0115] 추가적으로, 도 12에 도시된 바와 같은 3개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C)(또는 다른 수의 외부 칼럼(850))들을 갖는 부유식 풍력 터빈(100)의 실시예(100D)는 본 명세서의 다른 예시적인 실시예에서 논의된 바와 같이 절첩되거나 또는 접히고, 확장되고/되거나 직립된 구성을 취할 수 있다. 예로서 도 12를 사용하여, 3개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C)들 중 하나 또는 2개의 칼럼(850)은 (예컨대, 도 10에 도시된 제1 및 제4 칼럼(850A, 850D)과 같이) 상방으로 접히도록 구성될 수 있고, 3개의 외부 칼럼(850A, 850B, 850C)들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼(850)은 (예컨대, 도 10에 도시된 제2 및 제3 칼럼(850B, 850C)과 같이) 하방으로 접히도록 구성될 수 있다. 유사하게, 각각의 칼럼(850)으로부터의 밸러스트의 도입 및/또는 제거는 하나 이상의 칼럼(850)의 전방 및 후방 세트가 연장 및/또는 수축하게 하고 부유식 풍력 터빈(100)이 본 명세서에서 논의된 바와 같이 기립 또

는 하강하게 할 수 있다. 외부 칼럼(850)은 본 명세서에서 논의된 바와 같이 트랙(810, 820)을 통해 이동하도록 구성될 수 있거나, 이러한 트랙(810, 820)은 없을 수 있다. 트랙(810, 820)이 없는 일부 이러한 실시예들에서, 상부 및/또는 하부 트러스 부재(860, 870)의 강성은 절첩해제 프로세스 동안 칼럼(850)을 정렬된 상태로 유지할 수 있다. 일부 예들에서, 크로스-빔(880)의 단부는 크로스-빔(880)을 제어된 방식으로 최종 위치로 안내하는 윈치 라인에 부착될 수 있다. 일단 크로스-빔(880)이 최종 위치에 도달하면, 크로스-빔(880)을 제자리에 고정하기 위해 크로스-빔(880) 내로 핀이 삽입될 수 있다.

[0116] 또한, 도 12의 예에 도시된 바와 같이, 부유식 풍력 터빈(100)은 하나 이상의 사다리(892), 하나 이상의 외부 칼럼 플랫폼(894), 하나 이상의 통로(896) 및 하나 이상의 중심 칼럼 플랫폼(898) 등을 포함할 수 있는 다양한 접근 요소(890)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 부유식 풍력 터빈(100)이 수역(102) 내에서 부유할 때, 보트 또는 선박이 부유식 풍력 터빈(100)과 도킹할 수 있고, 인간 조작자는 외부 칼럼(850) 중 하나 상의 사다리(892)를 올라가 외부 칼럼 플랫폼(894)으로, 워크웨이(896)를 가로질러 중심 칼럼 플랫폼(898)으로 갈 수 있다. 다양한 예들에서, 타워(110)는 유지보수, 수리 등의 목적을 위해 인간 조작자가 접근할 수 있는 부유식 풍력 터빈(100)의 요소를 수용할 수 있다. 또한, 다양한 예들에서, 터빈(700)의 요소의 유지보수, 수리 등의 목적을 위해 작업자가 나셀(170)로 올라갈 수 있게 하는 사다리가 타워 본체(112) 내에 있을 수 있다.

[0117] 추가적으로, 다양한 실시예가 중심 칼럼(840)으로부터 방사하는 복수의 외부 칼럼(850)들을 포함할 수 있지만, 추가 실시예는 일부 실시예들에서 중심 칼럼(840)이 없는 임의의 적합한 구성의 칼럼(840, 850)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 외부 칼럼의 세트(850)는 중심 칼럼이 없는 상태에서 삼각형, 사변형, 오각형, 육각형, 칠각형, 팔각형 배열 등으로 배치될 수 있다. 추가적으로, 본 명세서에 예시된 다양한 실시예들은 중심 칼럼(840)으로부터 연장되는 타워(110)를 포함하지만, 추가 실시예들에서, 하나 이상의 타워(110)는, 중심 칼럼(840)이 존재하는 일부 실시예들을 포함하여, 하나 이상의 외부 칼럼(850)로부터 연장될 수 있다.

[0118] 일 실시예는 부유식 풍력 터빈(100) 또는 그의 부분들의 경사 각도를 최적화하는데 사용될 수 있는 터빈 제어 시스템을 갖는 순풍 및/또는 역풍 부유식 풍력 터빈(100)을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 또는 이들로 구성된다. 다른 실시예는, 티터링식 허브를 갖는 순풍 및/또는 역풍 부유식 풍력 터빈(100), 및 로터의 티터각 및 부유식 풍력 터빈(100) 또는 그 일부의 경사 각도를 최적화하는데 사용될 수 있는 터빈 제어 시스템을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 구성된다.

[0119] 일부 이러한 실시예에서, 부유식 풍력 터빈(100)이 바람의 방향으로 수동적으로 피칭하도록 허용될 수 있기 때문에, 부유식 풍력 플랫폼 상에 능동 제어 시스템이 존재하지 않는다. 그러나, 다양한 예들에서, 풍력 터빈(700)은 부유식 풍력 터빈(100)의 로터 평면이 수평과 정렬된 상태로 유지될 수 있기 때문에 전체 전력을 생성할 수 있다.

[0120] 도 13a, 도 13b, 도 14a, 도 14b 및 도 15를 참조하면, 타워(110)의 타워 본체(112)의 상부에 배치된 풍력 터빈(700)을 갖는 헐 조립체(830) 상에 배치된 타워(110)를 포함하는 부유식 풍력 터빈(100)의 다양한 실시예가 도시되어 있다. 풍력 터빈(700)은 허브(172) 및 이 허브(172)로부터 연장되는 복수의 블레이드(174)들을 갖는 나셀(170)을 포함한다. 타워(110)는 중심 축(Y)을 가질 수 있다. 허브(172) 및 블레이드(174)는 로터 축(R)을 중심으로 회전할 수 있고, 블레이드(174)는 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖는다.

[0121] 다양한 실시예들에서, 허브(172) 및 대응하는 로터 축(R)은 타워(110)의 중심 축(Y)이 완전히 수직일 때(즉, 중심 축(Y)이 중력 축과 평행할 때) 로터 축(R)과 수평 축(H)(즉, 중력에 수직인 축) 사이의 차이에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 가질 수 있다. 예를 들어, 도 13a는 타워(110)의 중심 축(Y)이 0° 의 힐 각도에 있고(즉, 중심 축(Y)이 중력 축과 평행함), 수평 축(H)이 타워(110)의 중심 축(Y)에 수직인 예를 도시한다. 본 예에서 로터 축(R)은 수평 축(H)으로부터 5° 이며, 이는 도 13a의 예의 로터 경사 각도를 5° 로 규정한다. 일부 실시예들에서, 로터 경사 각도는 중심 축(Y)과 블레이드 평면(B) 사이의 각도의 차이에 기초하여 규정될 수 있다.

[0122] 도 13b를 참조하면, 도 13a의 부유식 풍력 터빈(100)은 10° 의 힐 각도를 갖는 것으로 도시되어 있다(즉, 타워(110)의 중심 축(Y)은 도 13a에 도시된 바와 같이 실제 수직으로부터 10° 이다). 여기서, 10° 의 힐 각도 + 5° 의 로터 기울기 각도는 본 예에서 로터 축(R)이 수평 축(H)으로부터 15° 임을 의미한다. 다양한 실시예들에서, 수평 축(H)과 평행한 로터 축(R)을 갖는 것(예컨대, 0° 오정렬)은 풍력 터빈(700)에 대한 최적의 구성인 것으로 간주될 수 있고(예컨대, 이러한 구성은 블레이드(174)에 의한 스윕 면적을 최대화할 수 있기 때문임); 따라서, 이러한 실시예에서, 수평 축(H)으로부터 15° 인 로터 축(R)은 최적의 구성으로부터 로터 축(R)의 15° 오정렬로 간주될 수 있다.

[0123] 그러나, 추가 실시예에서, 임의의 적합한 축은 로터 축(R)에 대한 최적의 축으로서 규정될 수 있으며, 이는 풍향, 풍각 등에 기초할 수 있다. 일부 예들에서, 로터 축(R)에 대한 이러한 최적의 축은 환경 조건들이 변하는 것(예컨대, 풍향, 풍각 등의 변경)에 기초하여 변경될 수 있거나, 환경 조건들이 변하더라도 동일하게 유지될 수 있다.

[0124] 다양한 실시예들에서, 로터 축(R)의 이러한 오정렬은 다양한 이유들로 바람직하거나 허용가능할 수 있지만, 감소된 에너지 생산; 예를 들어, 연간 에너지 생산(AEP)의 감소 등의 비용이 들 수 있다. 일부 실시예들에서, AEP의 감소는 수용가능한 것으로 간주될 수 있거나 수용가능하지 않을 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.7%, 0.8%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4% 등의 AEP의 감소는 허용되는 것으로 간주될 수 있고, 일부 실시예들에서, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.1%, 3.2%, 3.3%, 3.4%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5% 등의 AEP의 감소는 허용되지 않는 것으로 간주될 수 있다. 따라서, 부유식 풍력 터빈(100)의 다양한 실시예들은 허용 가능한 것으로 간주되거나 허용 불가능한 것으로 간주되는 최적에 비해 감소된 에너지 생성(예컨대, 감소된 AEP)을 생성하는 로터 오정렬을 생성하는 로터 경사 각도를 갖는 평균 힐 각도에서 작동하도록 구성될 수 있다.

[0125] 일부 다양한 실시예의 부유식 풍력 터빈(100)은, 작동 시에 블레이드 팁과 타워 샤프트(112) 사이의 간극을 증가시키기 위해서 로터가 수평(H)으로부터 상향으로 4° 내지 8° 로 배향되는, 순풍 터빈(700)을 포함한다. 다양한 예들에서의 부유식 풍력 터빈(100)은 바람으로부터 전력을 생산하기 위해 추력을 생성한다. 추력은 부유식 풍력 터빈(100)의 전복 모멘트를 초래할 수 있으며, 이는 부유식 풍력 터빈(100)이 평균 힐 각도를 갖게 할 수 있다. 일부 예들에서, 평균 힐 각도는 바람의 방향에서 부유식 풍력 터빈(100)의 평균 피치 각도일 수 있다. 일부 실시예들에서, 평균 힐 각도는 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19° 20° 등, 또는 이러한 예시 값들 사이의 범위일 수 있다.

[0126] 부유식 풍력 터빈(100)의 일부 예들에서, 목표 설계 힐 각도는 터빈의 정격 추력을 받을 때의 플랫폼의 힐 각도이다. 정격 추력은 작동 중에 터빈에 대한 최대 평균 추력일 수 있다. 플랫폼의 설계 힐 각도는 플랫폼의 정수압 강성에 의존할 수 있으며, 이는 무게 중심 및 부력, 수평면 모멘트 관성 면적, 및 계류 시스템으로 인한 복원력의 함수일 수 있다. 일부 예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 정수압 강성을 증가시키는 것은 시스템의 비용 또는 복잡성을 증가시키거나, 또는 둘 다를 초래할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 반-잠수식 부유식 풍력 터빈(100)의 경우, 정수압 강성은 칼럼(840, 850)의 간격을 증가시키거나, 칼럼(840, 850)의 크기를 증가시키거나, 또는 둘 모두를 함으로써 증가될 수 있다.

[0127] 능동 제어 시스템이 없는 일부 실시예들의 부유식 풍력 터빈(100)은, 최대 로터 오정렬이 수평 축(H)으로부터 8 내지 13도가 되도록, 4 내지 5도의 설계 힐 각도를 목표로 할 수 있다. 능동 플랫폼 제어 시스템을 갖는 일부 부유식 풍력 터빈(100)은, 타워(110)가 수직으로 유지될 수 있고 최대 로터 오정렬이 4 내지 8도로 유지될 수 있도록, 5 내지 8도의 설계 힐 각도를 목표로 할 수 있다. 일부 풍력 터빈은 증가된 경사 각도를 야기하여 0도 로터 오정렬을 초래할 수 있는 더 큰 능동 제어 시스템을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈은 -20°, -19°, -18°, -17°, -16°, -15°, -14°, -13°, -12°, -11°, -10°, -9°, -8°, -7°, -6°, -5°, -4°, -3°, -2°, -1°, 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19°, 20° 등 또는 이러한 예시 값들 사이의 범위의 로터 오정렬로 동작하도록 구성될 수 있다.

[0128] 다양한 실시예들에서, 경사 각도로 작동하는 경사진 부유식 풍력 터빈(100)의 이점은 부유식 풍력 터빈(100)에 의해 발생된 웨이크를 수역(102) 내로 몰아갈(driven) 수 있고, 복수의 부유식 풍력 터빈(100)이 어레이, 그룹 또는 농장으로 배치되는 하류측 부유식 풍력 터빈(100)에 대해 감소된 효과를 가질 수 있다는 것일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이는 더 많은 부유식 풍력 터빈(100)이 주어진 영역에서 그룹화되게 할 수 있으며, 이는 부유식 풍력 터빈(100)의 조작자에 바람직할 수 있다.

[0129] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 설계 힐 각도는 10 내지 15도로 증가될 수 있으며, 이는 일부 예들에서 훨씬 더 작은 부유식 풍력 터빈(100) 및/또는 덜 복잡한 계류 시스템 등을 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 로터 경사 각도가 수평 축(H) 위로 5도이면, 부유식 풍력 터빈(100)은 부유식 풍력 터빈(100)에 대한 정격 추력의 영향 하에서 뒤꿈치질(heel)할 수 있다. 터빈의 설계 힐 각도가 10도인 경우, 다양한 실시예들에서, 로터 오정렬은 수평 아래로 단지 5도이며, 이는 0도 힐 각도(예컨대, 수직으로 배향됨)를 갖는 종래의 풍력 터빈과 동일한 크기의 오정렬일 수 있다.

[0130] 다양한 예들은 5° 의 로터 경사 각도를 포함할 수 있지만, 추가적인 실시예들에서, -10°, -9°, -8°, -7°,

-6°, -5°, -4°, -3°, -2°, -1°, 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10° 등을 포함하며, 이러한 예시 값들 사이의 범위를 포함하는 다양한 다른 로터 경사 각도가 규정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 로터 경사 각도는 나셀(170), 허브(172) 등의 물리적 위치와 같은 풍력 터빈(700)의 다양한 부분에 의해 규정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 로터 경사 각도는 풍력 터빈(700)의 물리적 구성에 기초하여 고정될 수 있거나, 일부 실시예들에서는 변경 가능할 수 있다(예컨대, 로터 경사 각도를 변경하기 위한 나셀(170)의 구동식 틸팅).

[0131] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 헐 조립체(830)의 웨이팅 또는 밸런싱에 기초하여(예컨대, 칼럼(840, 850) 내의 밸러스트의 양에 기초하여), 헐 조립체(830), 타워(110) 및/또는 풍력 터빈(700)의 다양한 부분의 중량, 예상된 또는 실제 풍속 및/또는 풍향 등에 기초하여 힐 각도 또는 작동 각도(예컨대 실제 수직에 대한 중심 축(Y)의 각도)를 가질 수 있거나 또는 그것으로 위치설정될 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)에 대한 바람의 힘은 부유식 풍력 터빈이 기울어지게 할 수 있다. 또한, 다양한 예들에서, 수역(102)의 바람, 파도 또는 조수 작용은 부유식 풍력 터빈(100)이 수역(102) 내에서 흔들리거나 다른 방식으로 이동하게 할 수 있다. 따라서, 부유식 풍력 터빈(100)은 힐 각도의 범위 내에서 작동하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 -20°, -19°, -18°, -17°, -16°, -15°, -14° -13° -12°, -11°, -10° -9°, -8°, -7°, -6°, -5°, -4°, -3°, -2°, -1°, 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19°, 20° 등 또는 이러한 예시 값들 사이의 범위로 경사지도록 구성될 수 있다.

[0132] 또한, 부유식 풍력 터빈(100)은 역풍 및/또는 순풍 작동을 위해 구성될 수 있다. 역풍 작동의 예는 도 13a 및 도 13b에 도시되며, 여기서 풍향은 허브(172)와 블레이드(174)의 전면을 향하고 나셀(170)을 타고 넘어간다. 반면에, 도 14a, 도 14b 및 도 15는 순풍 작동의 예들을 도시하며, 여기서 풍향은 허브(172)와 블레이드(174)의 후면을 향하고 바람이 나셀(170)의 후방을 향한다.

[0133] 예를 들어, 도 14a 및 도 14b는 로터 평면(R)이 샤프트 축(Y)에 대한 수직으로부터 5° 떨어져 있어 5°의 로터 경사 각도를 규정하는 예를 도시한다. 도 14b에 도시된 바와 같이, 부유식 풍력 터빈이 (예컨대, 바람, 밸런스 등에 기초하여) 10°의 각도를 이루는 경우, 이는 로터 축(R)이 수평 축(H)으로부터 -5°가 되도록 할 수 있다. 다른 실시예에서 설계 힐 각도는 20도일 수 있으며, 로터 평면(R)과 샤프트 축(Y) 사이의 10도의 오정렬을 갖는다.

[0134] 일부 예들에서, 다양한 실시예들의 순풍, 티터링 부유식 풍력 터빈(100)은, 여전히 0도의 로터 오정렬을 유지하면서, 더 큰 설계 힐 각도를 플랫폼 설계자에게 제공할 수 있다. 티터링된 부유식 풍력 터빈(100)의 일부 예들에서, 로터 축(R)은 메인 샤프트 축(Y)에 수직인 각도로부터 오정렬될 수 있다. 예를 들어, 도 15는 그러한 예를 도시한다. 플랫폼은 본 예에서 도시된 바와 같이 15° 설계 힐 각도를 가질 수 있지만, 순풍 터빈의 부가 효과로 인해 입사 바람과 로터 오정렬이 0도이며, 로터 축(R)에 대한 허브의 이동을 허용하는 티터링식 허브(1500)를 갖는다. 이러한 방식으로, 다양한 예들에서 플랫폼 및 계류 시스템의 비용 및 복잡성은 고정된 허브, 순풍 풍력 터빈을 이용하는 것보다 훨씬 더 감소될 수 있다.

[0135] 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 블레이드 피치 컨트롤러, 나셀 요 제어, 발전기 토크 제어 등과 같은 다양한 적합한 제어 시스템을 가질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 프로세서 및 이 프로세서에 의해 실행될 때 다양한 방법이 수행되게 하는 명령어를 저장하는 메모리를 포함하는 컴퓨팅 시스템을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 컴퓨팅 시스템은 하나 이상의 가속도계, 온도 센서, 물 센서, 습도 센서, 자기장 센서, 자이로스코프, 압력 센서, 토크 센서, 광 센서, 비 게이지, 바람 센서, 전류 센서, 깊이 센서, GPS 유닛 등과 같은 다양한 적합한 센서들로부터 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, 이러한 센서들로부터의 센서 데이터는 부유식 풍력 터빈(100)의 위치, 경사 각도, 배향, 속도, 발전, 터빈 속도, 수역 내의 깊이, 및 다른 상태들 또는 구성들을 결정하는 데 사용될 수 있다. 추가적으로, 일부 예들에서, 이러한 센서들로부터의 센서 데이터는 기온, 수온, 물 염도, 풍속, 풍향, 파고, 파도 방향, 강수 등과 같은 환경 조건들을 결정하는 데 사용될 수 있다. 다양한 예들은 부유식 풍력 터빈(100)으로부터의 전력 생산을 최적화하기 위해 블레이드(174)의 블레이드 피치를 제어하기 위한 시스템들 및 방법들을 포함할 수 있다.

[0136] 부유식 풍력 터빈(100)이 동적 파 하중을 받기 때문에, 다양한 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 동적 피치 운동을 겪을 수 있다. 부유식 풍력 터빈(100)의 피치 운동의 크기는 이들 환경력의 변화의 크기뿐만 아니라 피치 강성, 댐핑 등과 같은 부유식 풍력 터빈(100)의 특성과 관련될 수 있다. 일부 실시예들에서, 부유식 풍력 터빈(100)은 진폭이 최대 5°인 동적 피치 운동을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 15도의 설계 평균 힐 각도를 갖

는 부유식 풍력 터빈(100)의 경우, 플랫폼은 수직으로부터 10 내지 20도 멀리 피칭할 수 있다. 부유식 풍력 터빈(100)이 전후로 피칭함에 따라, 블레이드(174) 상의 상대 풍속이 변할 수 있다. 블레이드 피치가 조정되지 않으면, 일부 예들에서 이는 부유식 풍력 터빈(100)의 불안정한 거동을 초래할 수 있다.

[0137] 일부 예들에서, 발전기에 의해 흡수되는 전력은 3의 전력에 대한 로터 상의 상대 속도에 비례할 수 있다. 상대 속도가 일정한 값 ∇V 만큼 증가 또는 감소되도록 플랫폼의 정현파 운동을 스텝 곡선으로 근사화하면, 다양한 실시예들에서, 하나의 사이클에 걸쳐 생성된 전력을 증가시킬 수 있다. 수학적으로, 고정 터빈에 의해 발생된 전력은 입사 풍속(V_∞)의 세제곱에 비례할 수 있다:

[0138] $$P_\infty \propto V_\infty^3$$

[0139] 수학적으로, 앞뒤로 흔들리는 풍력 터빈에 의해 생성된 전력은 터빈과 바람 사이의 상대 풍속(V_{rel})의 세제곱에 비례할 수 있다:

[0140] $$P_{enh} \propto V_{rel}^3 = 0.5 * (V_\infty - \nabla V)^3 + 0.5 * (V_\infty + \nabla V)^3 = P_\infty + 3V_\infty \nabla V^2$$

[0141] 향상된 전력은 ∇V^2에 비례할 수 있으며 이는 허브 높이에 의해 곱해진 플랫폼의 피치 속도의 제곱일 수 있다. 일부 예들에서, 순간적인 전력 향상은 작다. 그러나, 부유식 풍력 터빈(100)의 수명에 걸쳐, 향상된 전력은 상당할 수 있다.

[0142] 다양한 실시예들에서 이러한 전력 향상을 달성하기 위해서, 부유식 풍력 터빈(100)에 의해 흡수되는 추력은 부유식 풍력 터빈(100)의 하나의 피칭 사이클에 걸쳐 비교적 일정하게 유지되어야 한다. 부유식 풍력 터빈(100)에 대한 피치에서의 자연 기간(natural periods)은 일부 예들에서 일반적으로 20 내지 30s일 수 있다.

[0143] 풍력 터빈 컨트롤러 방법(1600)의 일 실시예가 도 16에 도시되어 있다. 컨트롤러의 목적은, 부유식 풍력 터빈(100)의 위치, 속도 및 가속도뿐만 아니라 입사 풍속 및 풍향을 측정하거나 결정함으로써, 입사 바람에 대한 로터의 속도를 결정하는 것일 수 있다. 그 다음, 블레이드 피치 컨트롤러는 로터 상의 추력이 비교적 일정하게 유지되는 것을 보장하도록 작동될 수 있다.

[0144] 다양한 실시예들에서 이러한 풍력 터빈 제어 시스템의 보조적인 이점은 추력의 변화의 진폭이 최소화되어, 터빈(700) 및 헐 조립체(830) 등에 대한 피로 손상을 감소시킬 수 있다는 것이다. 추력의 변화는 타워(110)의 베이스 상에 굽힘 모멘트를 초래할 수 있으며, 이는 헐 조립체(830)로 전달될 수 있다. 추력의 진폭의 변화를 감소시킴으로써, 다양한 예들에서 부유식 풍력 터빈(100) 상에 발생되는 피로 손상이 감소된다.

[0145] 예를 들어, 도 16을 참조하면, 1610에서, 부유식 풍력 터빈(100)의 위치 및/또는 배향이 측정되거나 결정되며, 이는 속도, 가속도 등과 함께 피치, 롤 및 요 운동을 포함할 수 있다. 다양한 예들에서, 이러한 측정 또는 결정은 본 명세서에서 논의된 바와 같이 센서들로부터 획득된 센서 데이터에 기초할 수 있다. 1620에서, 입사 풍속, 입사 풍향 등이 측정되거나 결정되며, 이는 본 명세서에서 논의된 바와 같이 센서들로부터 획득된 센서 데이터에 기초할 수 있다.

[0146] 1630에서, 풍향에 따른 회전 운동, 속도 및 가속도가 결정될 수 있고, 1640에서, 시간 수평선(time horizon)(예컨대, 20 내지 30초)에 걸쳐 풍향에 따른 회전 운동, 속도 및 가속도가 예측되거나 결정될 수 있다. 1650에서, 컨트롤러 시간 수평선에 걸쳐 추력 변화를 최소화하고/하거나 전력 생산을 최대화하기 위해 블레이드 피치 각도(들)에 대한 결정이 이루어질 수 있고, 1660에서, 블레이드 피치 시스템은 1650에서의 결정에 따라 하나 이상의 블레이드(174)의 구성을 변경하도록 작동될 수 있다.

[0147] 본 개시의 실시예들은 다음의 조항들을 고려하여 설명될 수 있다:

[0148] 1. 나셀, 허브 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하는 타워로서, 상기 타워는 중심 축(Y)을 갖는 것과;

[0149] 헐 조립체; 를 포함하는 시스템으로서,

[0150] 상기 헐 조립체는:

[0151] 중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것과;

[0152] 3개 이하의 외부 칼럼들을 포함하고, 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 주위에서 동일하게 이격되며 각각의 인접한 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y) 주위에서 서로 120° 이고 상기 중심 축(Y)과 일치하는 3개의 대칭 평면을 규정할 수 있는 것과;

[0153] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼의 상단부로부터 각각 연장되는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들과;

[0154] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼의 하단부로부터 각각 연장되는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들과;

[0155] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하고 각각의 상부 및 하부 트러스 부재들 사이에서 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하며,

[0156] 상기 헐 조립체는, 상기 제1, 제2 및 제3 상부 트러스 부재들이 제1 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 상기 제1, 제2 및 제3 하부 트러스 부재들이 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 3개의 외부 칼럼들이 서로 평행한 각각의 외부 칼럼 중심 축을 가지는 연장 구성을 취하도록 구성되며;

[0157] 상기 헐 조립체는 상기 연장 구성으로부터 접힘 구성을 취하도록 구성되며 여기서 상기 3개의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개는 상기 타워를 향해 그리고 상기 타워에 근접하여 위쪽으로 절첩되도록 구성되고; 상기 3개의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼은 상기 중심 칼럼의 베이스 아래에서 그리고 상기 중심 칼럼의 베이스에 근접하여 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는, 시스템.

[0158] 2. 조항 1에 있어서, 상기 중심 칼럼 및 상기 3개의 외부 칼럼들은 상기 헐 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 시스템.

[0159] 3. 조항 1 또는 2에 있어서, 상기 시스템은 수역에서 상기 수역의 표면 상에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되며, 여기서 상기 헐 조립체는 상기 연장 구성에 있고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장되며, 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼은 상기 수역에 부분적으로 잠기며, 상기 시스템은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유되는, 시스템.

[0160] 4. 조항 3에 있어서, 상기 직립 구성에 있어서의 상기 시스템은 8 내지 12m의 항구 드래프트 허용값 및 50 내지 70m의 에어 드래프트 허용값을 위반하지만, 접힘 수평 구성에 있어서의 시스템은 8 내지 12m의 항구 드래프트 허용값 및 50 내지 70m의 항구 에어 드래프트 허용값을 위반하지 않는, 시스템.

[0161] 5. 헐 조립체를 포함하는 시스템으로서,

[0162] 상기 헐 조립체는:

[0163] 중심 축(Y)을 갖는 중심 칼럼;

[0164] 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 상기 중심 칼럼 주위에서 동일하게 이격되는 것;

[0165] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

[0166] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

[0167] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에서 대각선으로 각각 결합 및 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하는, 시스템.

[0168] 6. 조항 5에 있어서, 터빈을 포함하는 상기 헐 조립체로부터 연장되는 타워를 더 포함하는, 시스템.

[0169] 7. 조항 5 또는 6에 있어서, 상기 헐 조립체는 3개 이하의 외부 칼럼을 포함하는, 시스템.

[0170] 8. 조항 5 내지 7 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체는, 상기 제1, 제2 및 제3 상부 트러스 부재가 제1 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 상기 제1, 제2 및 제3 하부 트러스 부재가 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되는 연장 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

[0171] 9. 조항 5 내지 8 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체는 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개가 위쪽으로 절첩되도록 구성되고 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼이 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는 접힘 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

[0172] 10. 헐 조립체를 포함하는 시스템으로서,

[0173] 상기 헐 조립체는:

[0174] 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 중심 축(Y)을 둘러싸고 주위에서 이격되는 것을 포함하는, 시스템.

[0175] 11. 조항 10에 있어서,

[0176] 상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

[0177] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들; 을 더 포함하는, 시스템.

[0178] 12. 조항 10 또는 11에 있어서,

[0179] 상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

[0180] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 을 더 포함하는, 시스템.

[0181] 13. 조항 10 내지 12 중 어느 하나에 있어서,

[0182] 상기 중심 축(Y)을 따라 연장되는 중심 칼럼; 및

[0183] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에서 대각선으로 각각 결합 및 연장되는, 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 더 포함하는, 시스템.

[0184] 14. 조항 10 내지 13 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체로부터 연장되는 타워를 더 포함하는, 시스템.

[0185] 15. 조항 10 내지 14 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체는 3개 이하의 외부 칼럼을 포함하는, 시스템.

[0186] 16. 조항 10 내지 15 중 어느 하나에 있어서, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 헐 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 시스템.

[0187] 17. 조항 10 내지 16 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체는 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개가 위쪽으로 절첩되도록 구성되고 상기 복수의 외부 칼럼들 중 하나 또는 2개의 다른 칼럼이 아래쪽으로 절첩되도록 구성되는 접힘 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

[0188] 18. 조항 10 내지 17 중 어느 하나에 있어서, 상기 헐 조립체는, 복수의 상부 트러스 부재들이 제1 공통 평면에서 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되고; 복수의 하부 트러스 부재들이 상기 제1 공통 평면에 평행하고 상기 중심 축(Y)에 수직인 제2 공통 평면에서 상기 중심 칼럼과 각각의 외부 칼럼과의 사이에서 연장되는 연장 구성을 취하도록 구성되는, 시스템.

[0189] 19. 조항 18에 있어서, 상기 시스템은 수역에서 상기 수역의 표면 상에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되며, 여기서 상기 헐 조립체는 상기 연장 구성에 있고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장되며, 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 수역에 적어도 부분적으로 잠기며, 상기 시스템은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유되는, 시스템.

[0190] 20. 조항 19에 있어서, 상기 직립 구성에 있어서의 상기 시스템은 50 내지 70m의 항구 드래프트 허용값을 위반하지만, 접힘 구성에 있어서의 상기 시스템은 50 내지 70m의 항구 드래프트 허용값을 위반하지 않는, 시스템.

[0191] 21. 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

[0192] 수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

[0193] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 -7° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

[0194] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은:

[0195] - 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하는 상기 타워로서, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 정적 경사 각도를 갖고 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는 것; 및

[0196] - 헐 조립체; 를 포함하며,

[0197] 상기 헐 조립체는:

[0198] 중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것;

[0199] 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 그 주위에서 동일하게 이격되는 것;

[0200] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

[0201] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

[0202] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에 각각 결합되고 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하며,

[0203] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 수동적으로 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼은 상기 수역에 부분적으로 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 3개의 외부 칼럼들 및 상기 중심 칼럼의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0204] 22. 조항 21에 있어서, 로터 경사 각도가 변화되도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0205] 23. 조항 22에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 티터링 순풍 부유식 풍력 터빈으로서 작동하도록 구성되고, 로터 경사 각도가 변화되도록 하는 티터링식 허브를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0206] 24. 조항 21 내지 23 중 어느 하나에 있어서, 상기 중심 칼럼 및 상기 3개의 외부 칼럼들은 상기 헐 조립체를 위한 밸러스트로서 작용하는 물로 채워지도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0207] 25. 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

[0208] 수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

[0209] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 8° 내지 10°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 -7° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포

함하며,

[0210] 상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 갖고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0211] 26. 조항 25에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 헐 조립체를 포함하며,

[0212] 상기 헐 조립체는:

[0213] 중심 칼럼으로서, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 칼럼의 상부에서 상기 타워의 베이스에 결합되고, 상기 중심 칼럼은 상기 중심 축(Y)과 일치하는 중심 칼럼 축을 가지는 것;

[0214] 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및 제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들로서, 상기 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼들은 상기 중심 축(Y)을 중심으로 상기 중심 칼럼을 둘러싸고 그 주위에서 동일하게 이격되는 것;

[0215] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 상부 트러스 부재, 제2 상부 트러스 부재 및 제3 상부 트러스 부재를 포함하는 복수의 상부 트러스 부재들;

[0216] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼을 상기 중심 칼럼과 각각 결합하는 적어도 제1 하부 트러스 부재, 제2 하부 트러스 부재 및 제3 하부 트러스 부재를 포함하는 복수의 하부 트러스 부재들; 및

[0217] 상기 제1, 제2 및 제3 외부 칼럼과 상기 중심 칼럼과의 사이에 각각 결합되고 대각선으로 연장되는 적어도 제1 크로스-빔, 제2 크로스-빔 및 제3 크로스-빔을 포함하는 복수의 크로스-빔들; 을 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0218] 27. 조항 25 또는 26에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 상기 복수의 외부 칼럼들은 상기 수역에 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 복수의 외부 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0219] 28. 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법으로서, 상기 방법은:

[0220] 수역 내에서 부유하는 상기 풍향 부유식 풍력 터빈은 범위 내에서의 평균 힐 각도를 가정하는 단계로서, 상기 평균 힐 각도는 바람의 방향으로 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 것; 및

[0221] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 평균 힐 각도를 가정하면서 중력에 수직인 수평 축으로부터 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

[0222] 상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0223] 29. 조항 28에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0224] 30. 조항 28 또는 29에 있어서, 상기 평균 힐 각도는 5° 내지 15°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0225] 31. 조항 28 내지 30 중 어느 하나에 있어서, 상기 최대 로터 오정렬은 1° 내지 13° 사이인, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0226] 32. 조항 28 내지 31 중 어느 하나에 있어서, 상기 로터 경사 각도는 1° 내지 10°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0227] 33. 조항 28 내지 32 중 어느 하나에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 제1 외부 칼럼, 제2 외부 칼럼 및

제3 외부 칼럼을 포함하는 적어도 3개의 복수의 외부 칼럼을 포함하는 헐 조립체를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0228] 34. 조항 28 내지 33 중 어느 하나에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 수역의 바닥에 결합되지 않고 상기 수역의 표면 상에서, 상기 수역에 부유하는 직립 구성을 취하도록 구성되고, 상기 타워는 상기 수역의 표면 위에서 수직으로 연장하며 복수의 칼럼들은 상기 수역에 잠기고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 적어도 상기 복수의 칼럼들의 부력에 기초하여 상기 수역에서 부유하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0229] 35. 조항 28 내지 34 중 어느 하나에 있어서, 상기 평균 힐 각도는 1° 내지 20°와 동일하거나 그 사이에 있는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0230] 36. 조항 28 내지 35 중 어느 하나에 있어서, 상기 최대 로터 오정렬은 2° 내지 20° 사이인, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0231] 37. 조항 28 내지 36 중 어느 하나에 있어서, 상기 로터 경사 각도는 변경되도록 구성되는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0232] 38. 조항 37에 있어서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 티터링 부유식 풍력 터빈으로서 작동하도록 구성되고, 상기 로터 경사 각도가 변화되도록 하는 티터링식 허브를 포함하는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

[0233] 39. 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법에 있어서,

[0234] 수역 내에서 부유하는 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람의 방향으로의 상기 순풍 부유식 풍력 터빈의 타워의 중심 축(Y)의 평균 피치 각도에 의해 규정되는 14° 내지 16°와 동일하거나 그 사이의 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계로서, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 바람에 의해 발생된 힘으로부터 상기 평균 힐 각도를 수동적으로 가정하는 단계; 및

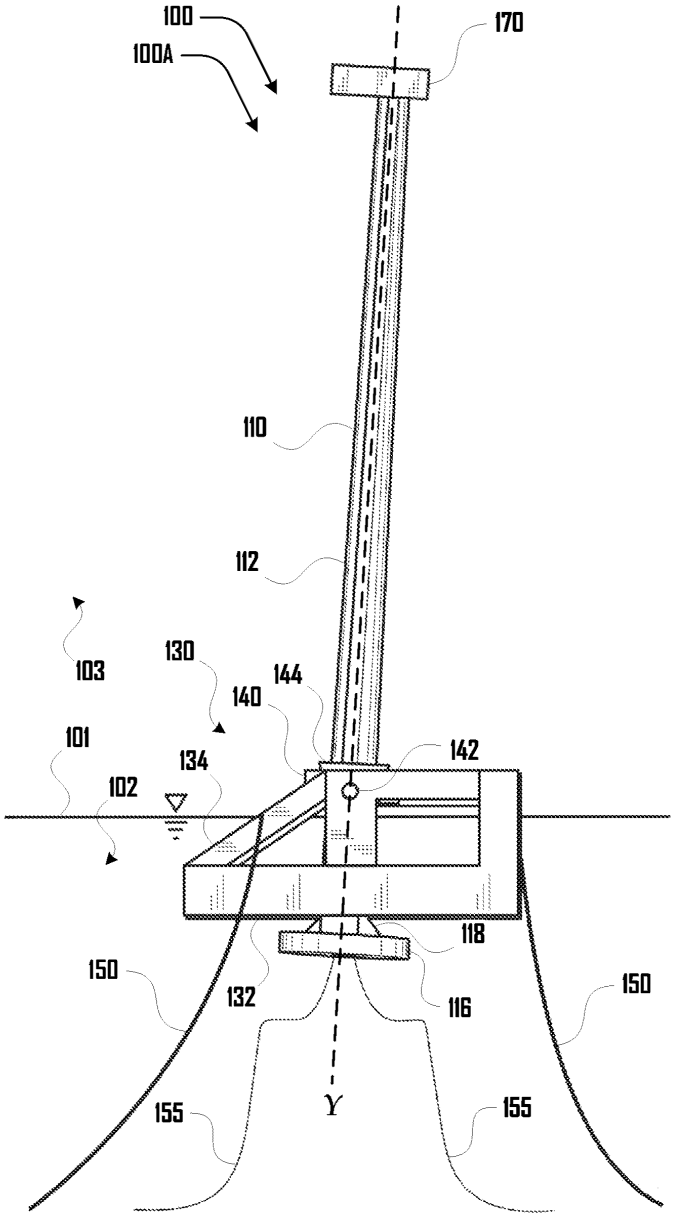
[0235] 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은, 상기 평균 힐 각도가 14° 내지 16°와 동일하거나 그 사이인 것으로 가정하면서, 중력에 수직인 수평 축으로부터 -1° 내지 1° 사이의 최대 로터 오정렬로 작동하는 단계; 를 포함하며,

[0236] 상기 타워는 나셀, 허브, 및 상기 허브로부터 연장되는 복수의 블레이드들을 갖는 터빈을 포함하고, 상기 복수의 블레이드들은 로터 축(R)을 중심으로 회전하도록 구성되고, 상기 복수의 블레이드들은 상기 로터 축(R)에 수직인 블레이드 평면(B)을 갖고, 상기 로터 축(R)은 상기 중심 축(Y)에 대한 수직 축에 대해 로터 축(R)의 각도에 의해 규정되는 로터 경사 각도를 갖고, 상기 로터 경사 각도는 3° 내지 7° 사이에 있고, 상기 순풍 부유식 풍력 터빈은 상기 로터 축(R)이 수직 위치에서 3° 내지 7° 사이의 오정렬을 갖도록 3° 내지 7° 사이의 정적 경사 각도를 가지는, 순풍 부유식 풍력 터빈의 작동 방법.

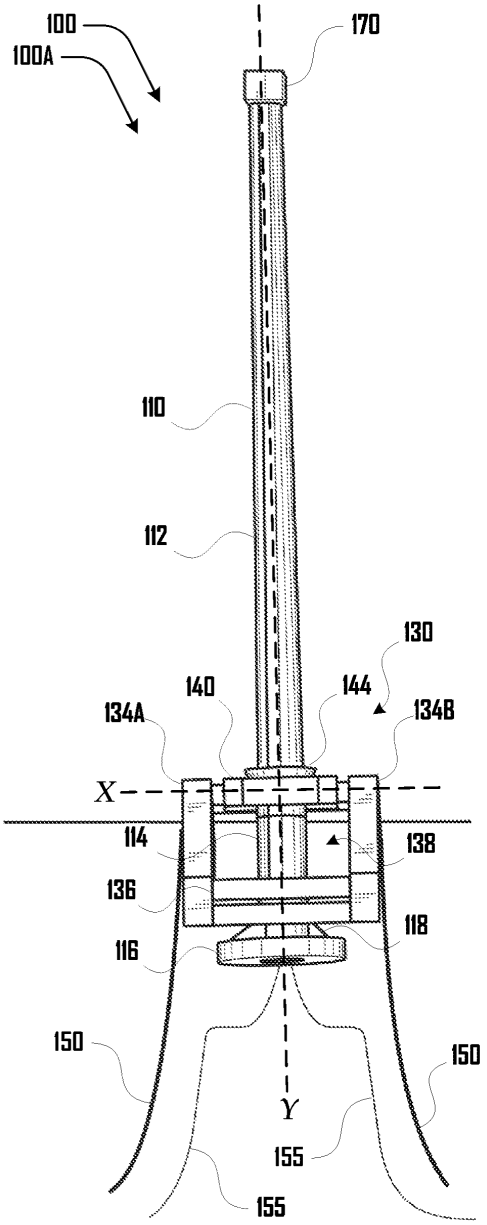
[0237] 설명된 실시예들은 다양한 수정들 및 대안적인 형태들을 허용할 수 있으며, 이들의 특정 예들은 도면들에서 예로서 도시되고 본 명세서에서 상세히 설명된다. 그러나, 이는 설명된 실시예들이 설명된 특정 형태들 또는 방법들로 한정되는 것이 아니며, 역으로 본 개시는 모든 수정, 균등물, 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 추가적으로, 주어진 실시예의 요소들은 그 예시적인 실시예에만 적용 가능한 것으로 해석되어서는 안 되며, 따라서 하나의 예시적인 실시예의 요소들은 다른 실시예들에 적용 가능할 수 있다. 추가적으로, 예시적인 실시예들에 구체적으로 도시된 요소들은 이러한 요소들을 포함하거나, 이러한 요소들로 본질적으로 구성되거나, 또는 이러한 요소들로 구성되는 실시예들을 커버하는 것으로 해석되어야 하거나, 이러한 요소들은 추가 실시예들에서는 명시적으로 부재할 수 있다. 따라서, 하나의 예에 존재하는 요소의 언급은 그러한 요소가 명시적으로 존재하지 않는 일부 실시예를 지원하는 것으로 해석되어야 한다. 추가적으로, 용어 "부유" 등의 사용은, 주어진 요소 또는 시스템이 현재 부유하고 있고 대신에 그러한 요소가 유체에서 부유하도록 구성되거나, 부유하도록 구성 가능하거나 또는 부유할 수 있음을 나타내는 것으로 해석되어서는 안 된다.

도면

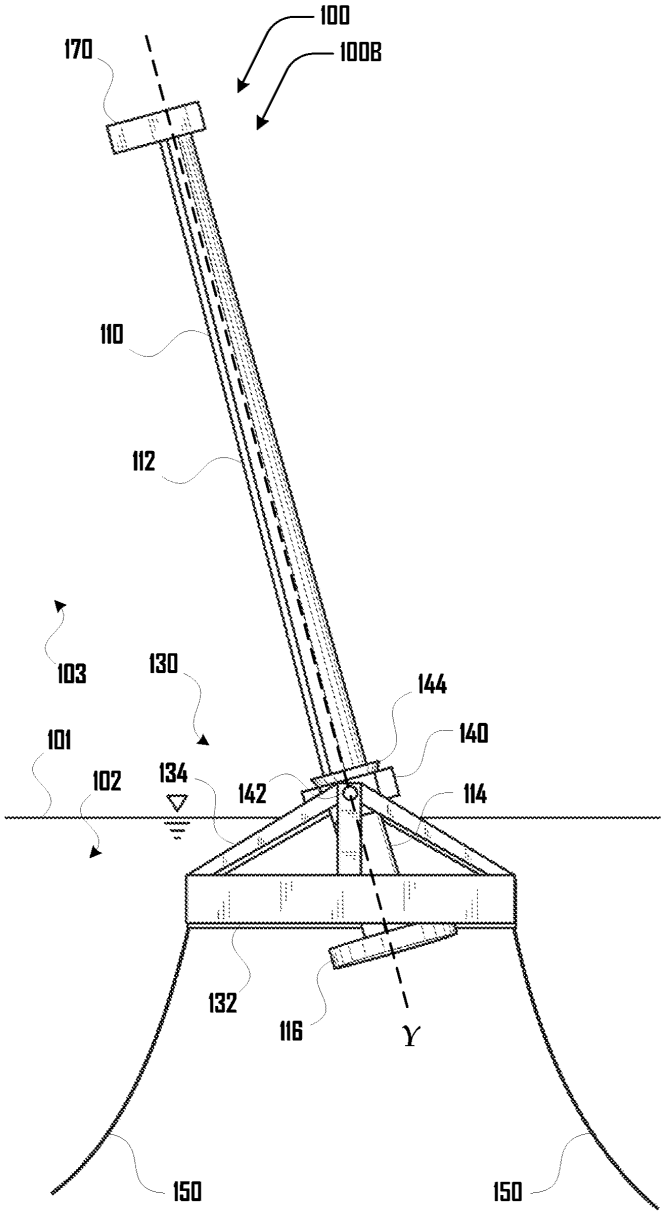
도면1a


100
100A
170
110
112
103
130
144
140
101
142
134
102
118
150
132
116
150
155
Y
155

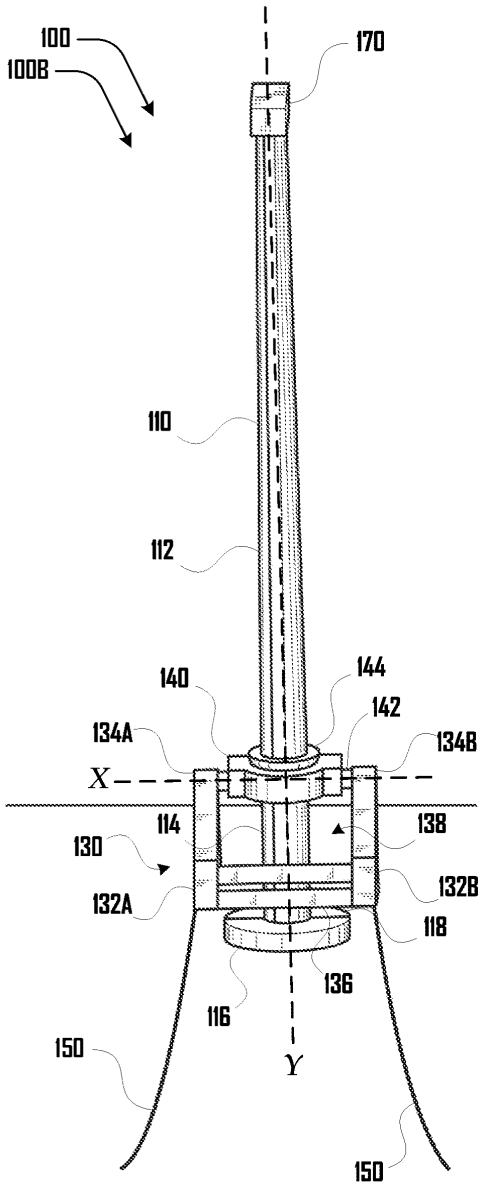
도면1b


100
100A
170
110
112
130
140
144
134A
134B
X
114
138
136
118
116
150
150
Y
155
155

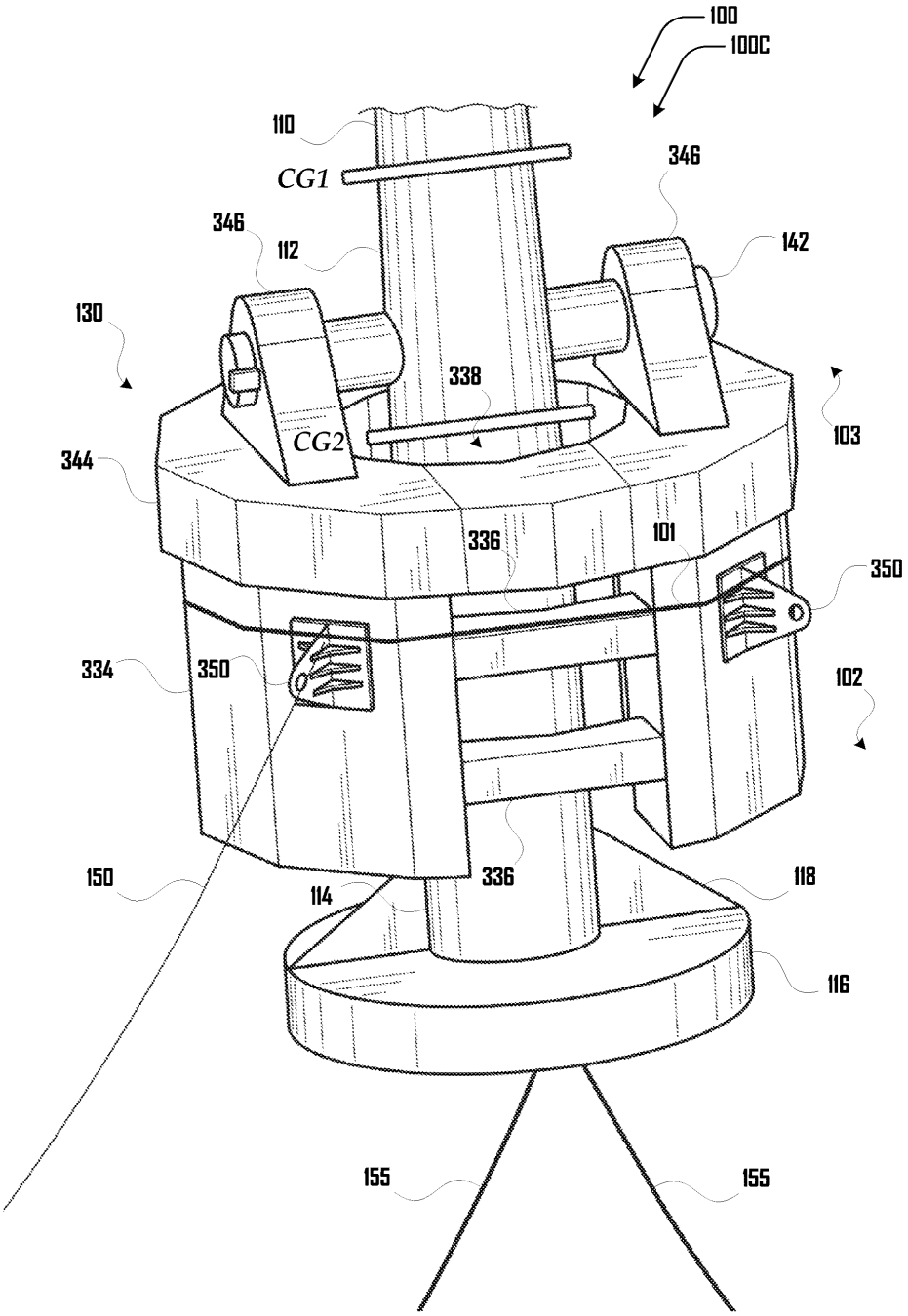
도면2a


100
100B
170
110
112
103
130
144
140
101
102
134
142
114
132
116
Y
150
150

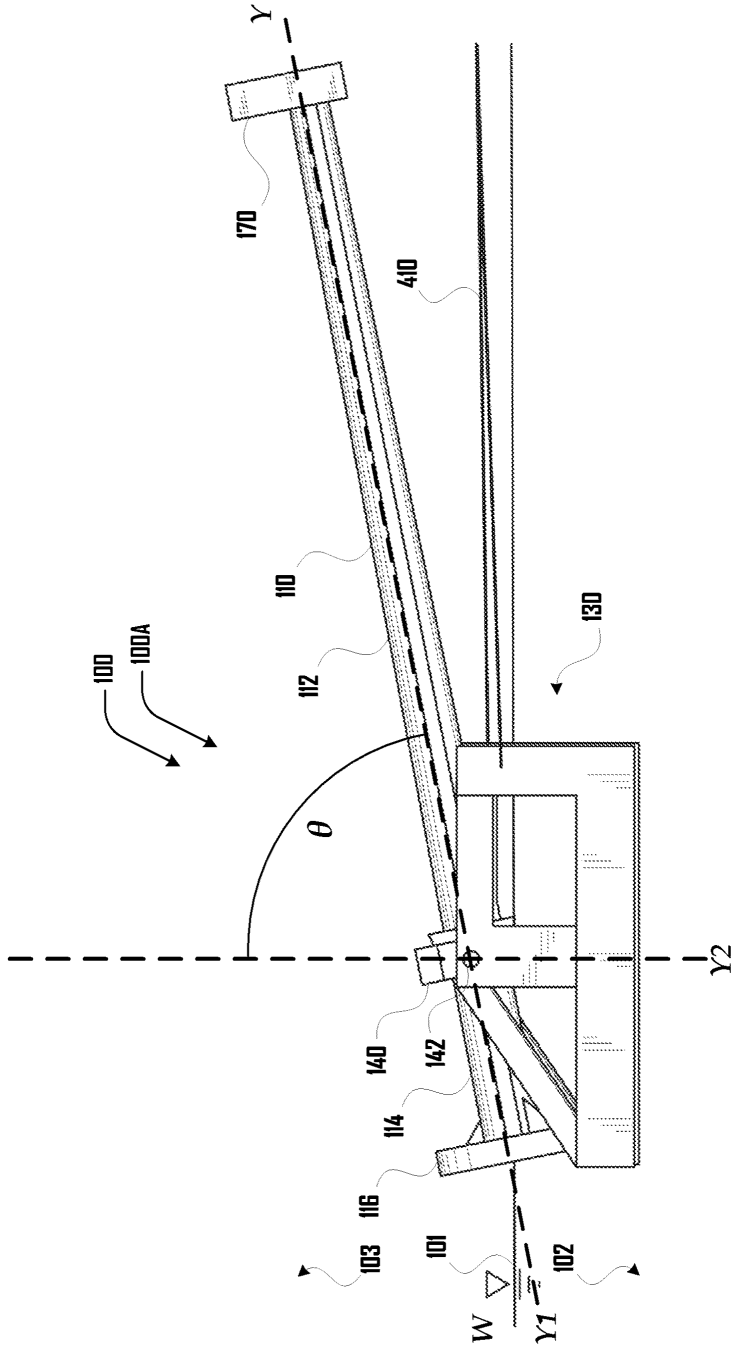
도면2b


100
100B
170
110
112
140
144
142
134A
134B
X
114
138
130
132B
132A
118
136
116
150
Y
150

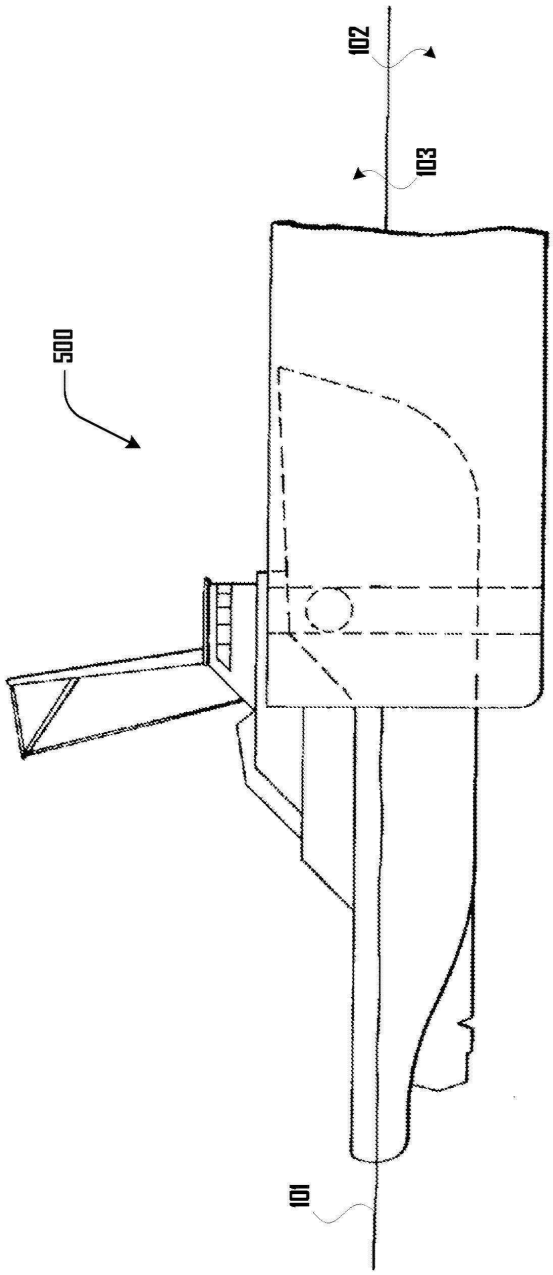
도면3


100
100C
110
CG1
346
346
112
142
130
338
CG2
103
344
336
101
350
334
350
102
150
336
118
114
116
155
155

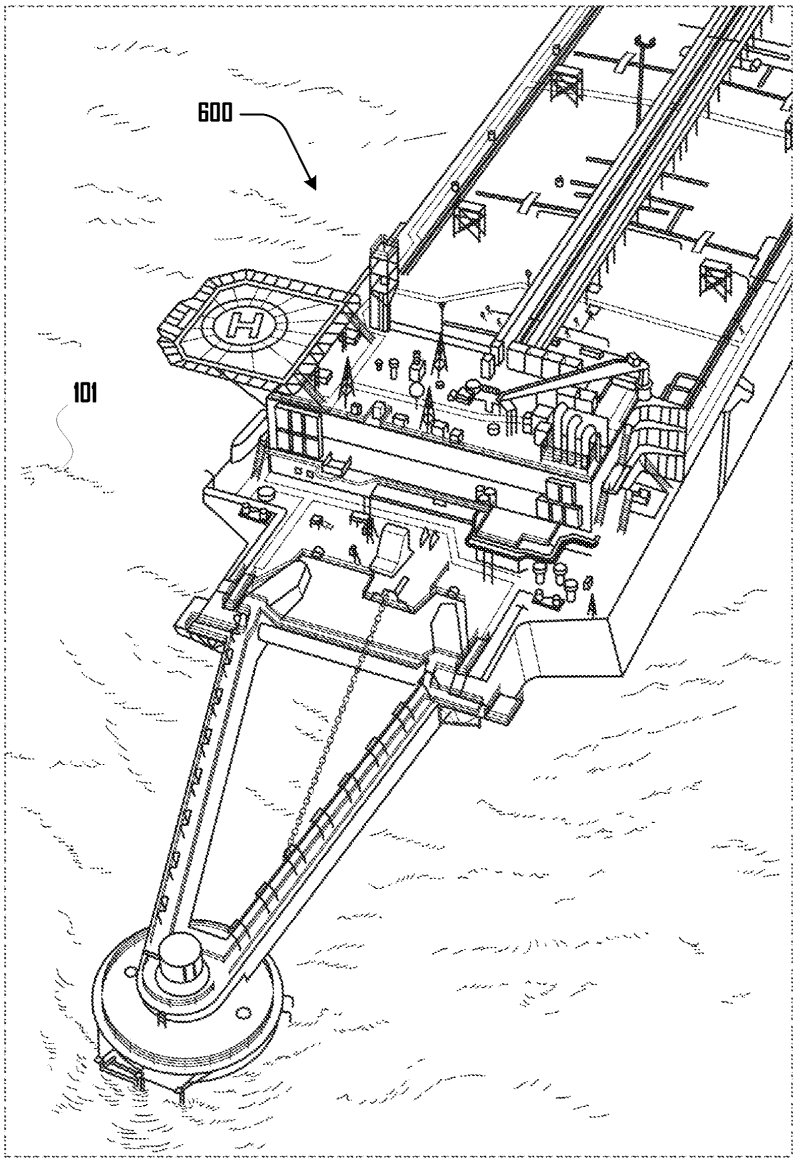
도면4


Y
170
410
110
112
130
100
100A
θ
Y2
140
142
114
116
103
101
102
W
Y1

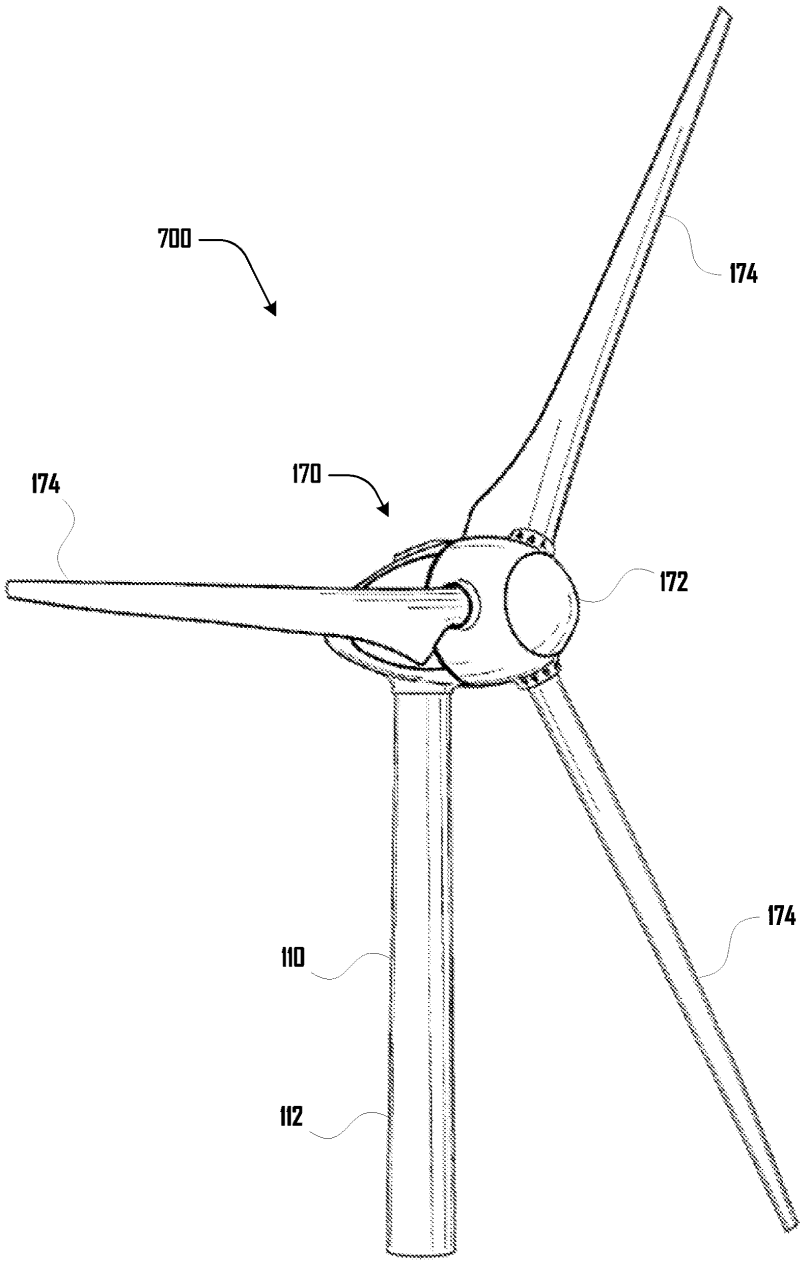
도면5



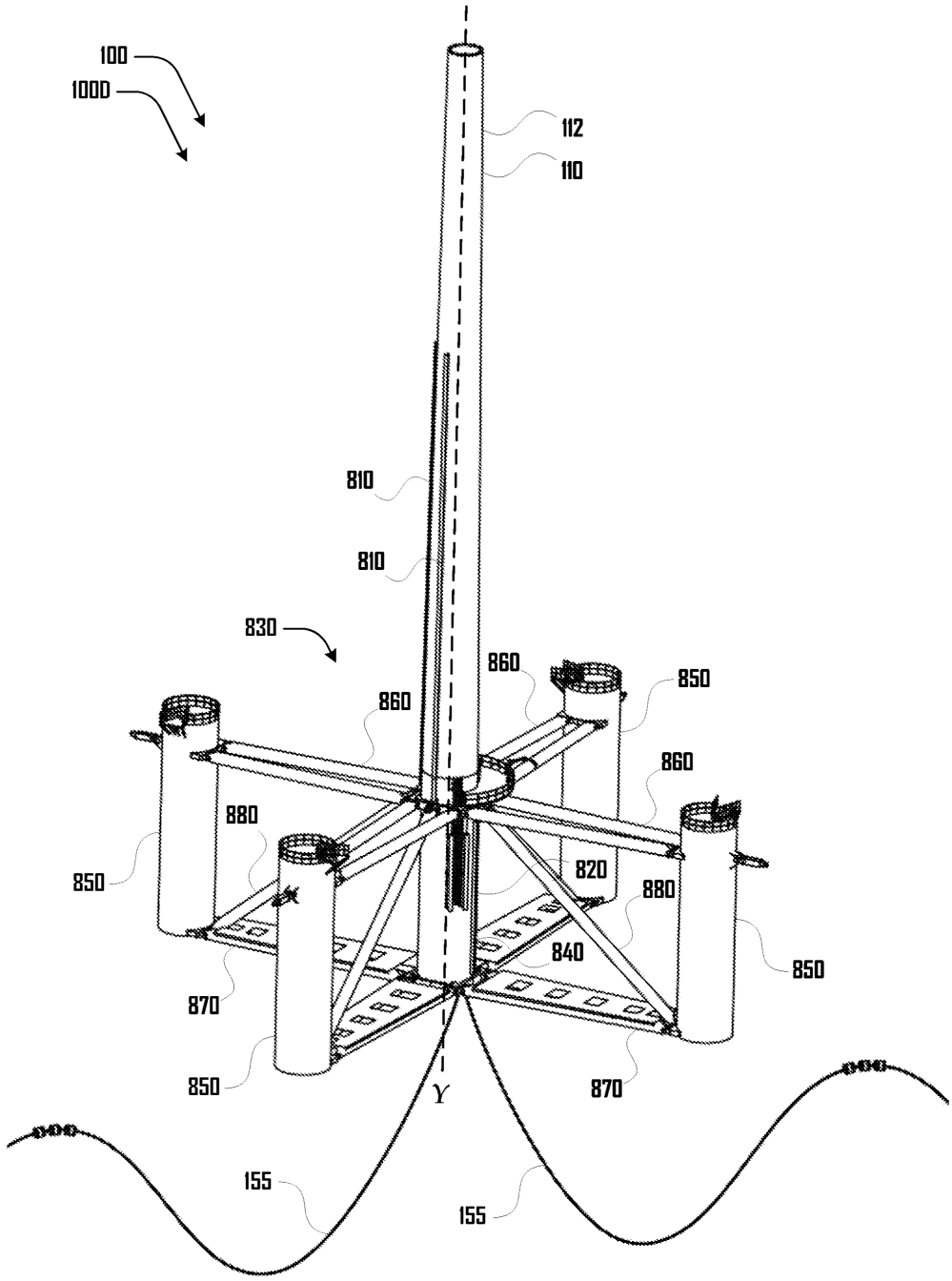
도면6



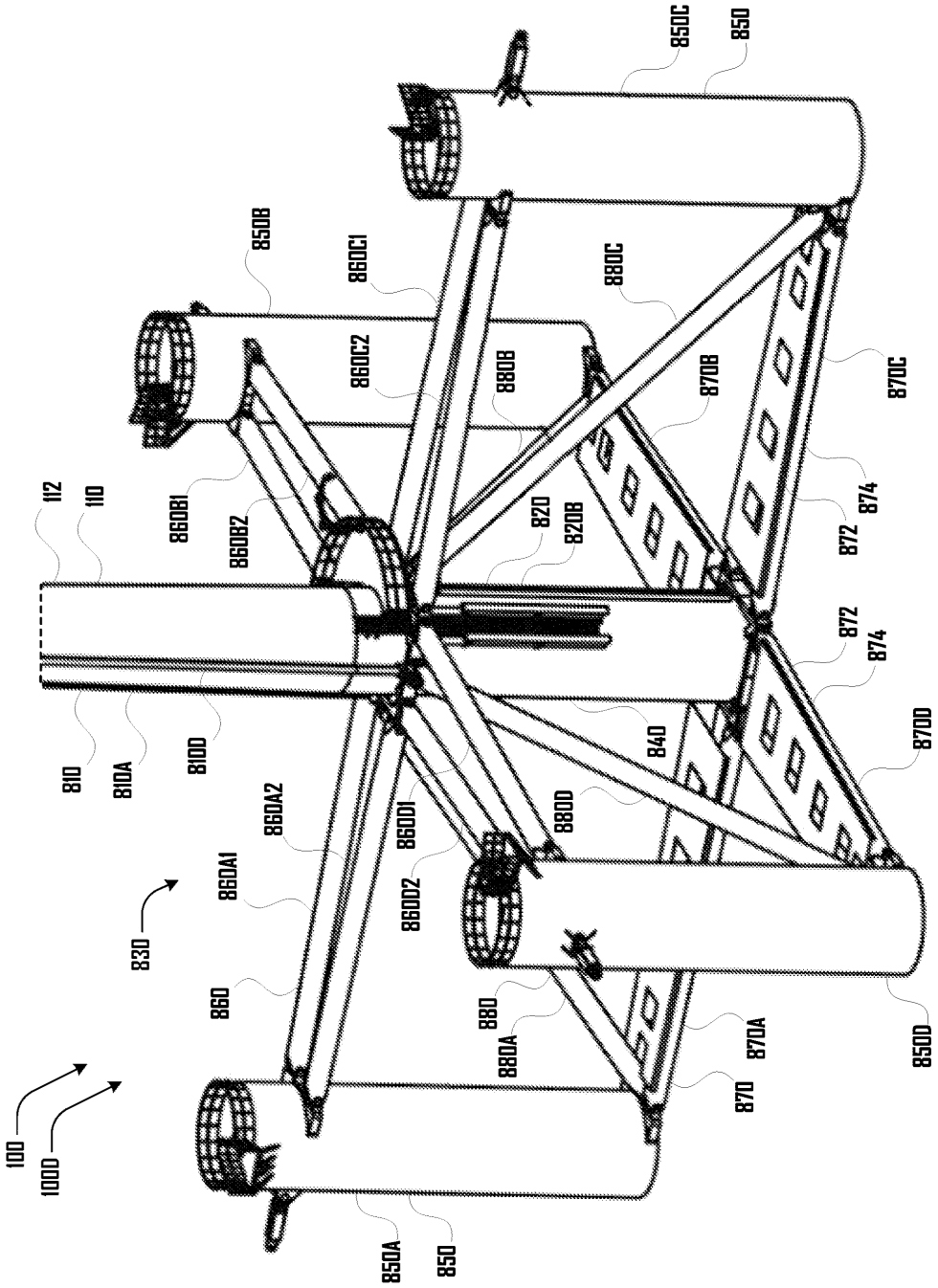
도면7



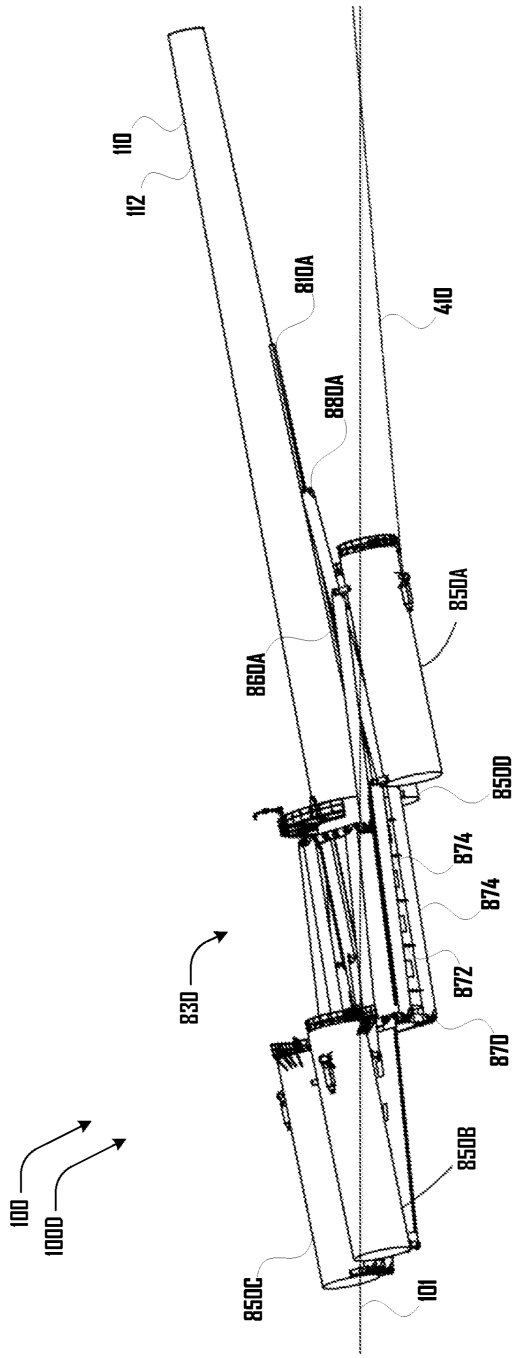
도면8


100
1000
112
110
810
810
830
860
850
860
860
880
850
820
880
840
850
870
850
870
Y
155
155

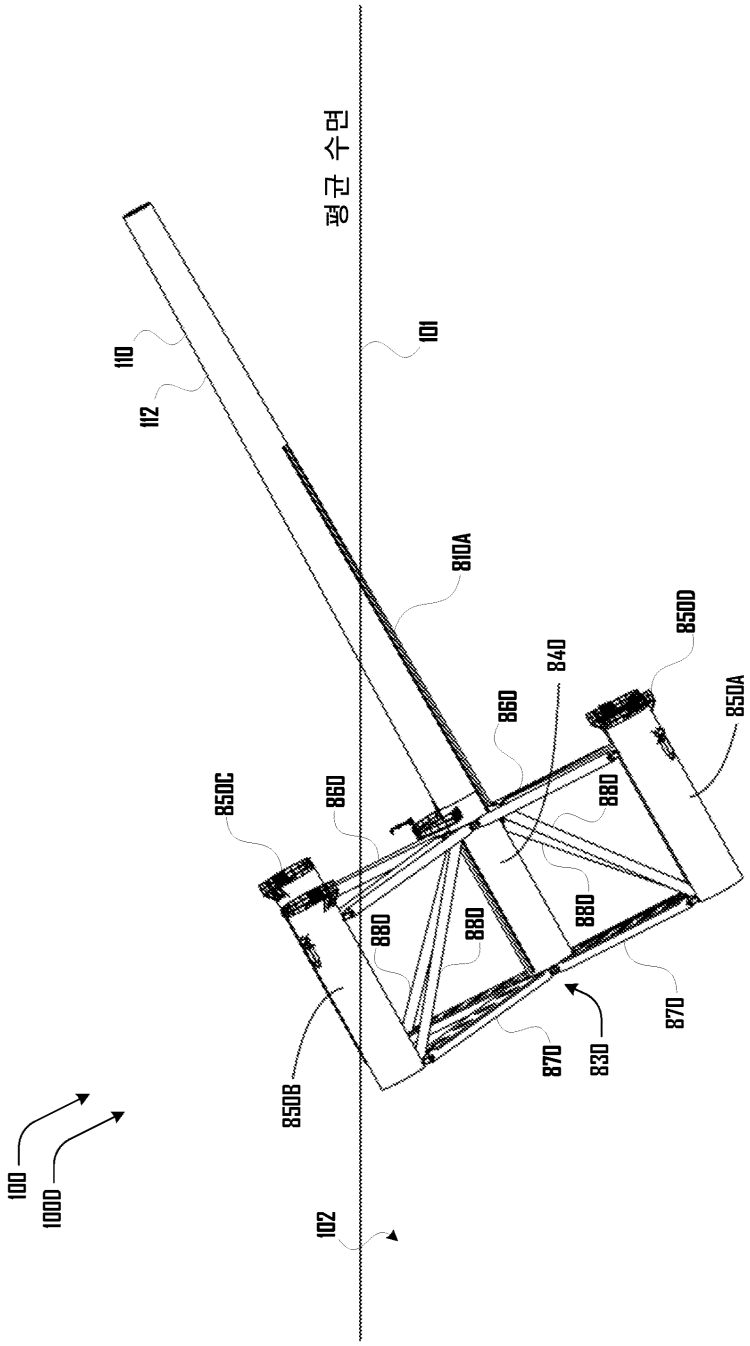
도면9


850C
850
850B
860C1
880C
860C2
880B
870B
870C
112
110
860B1
860B2
820
820B
872
874
872
874
810
810A
810D
840
870D
860A2
860D1
880D
860A1
860D2
830
860
880
880A
870A
870
850D
100
100D
850A
850

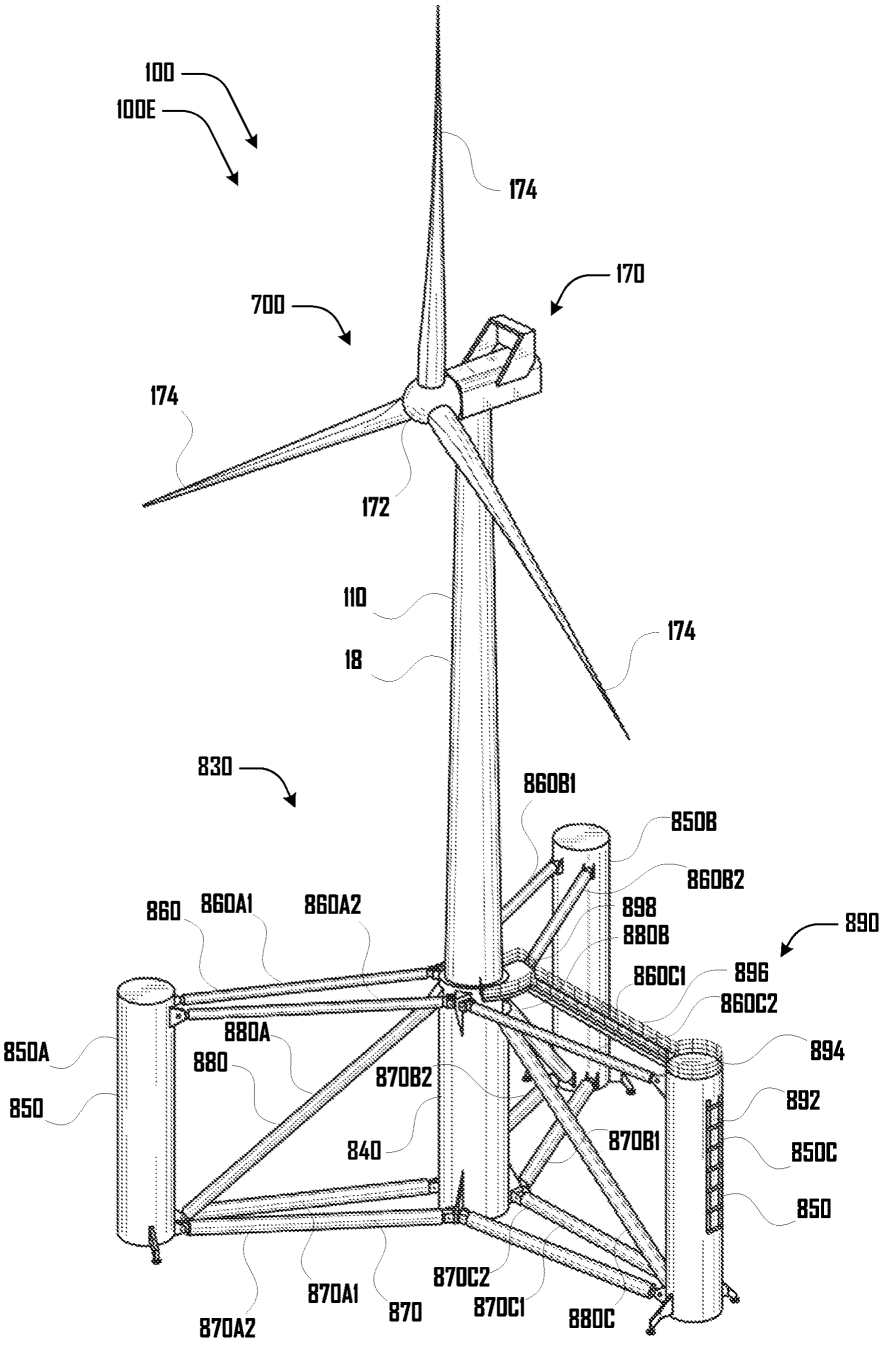
도면10


110
112
810A
410
880A
850A
860A
850D
874
874
872
870
830
850B
100
1000
850C
101

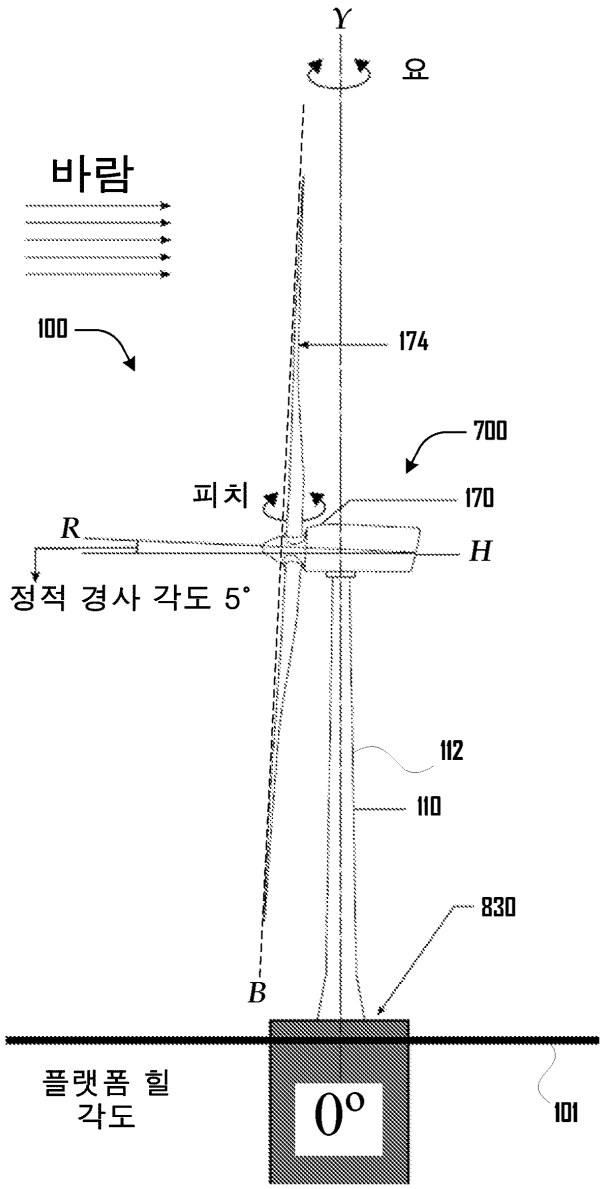
도면11


평균 수면
101
110
112
810A
840
850D
860
850A
850C
860
880
880
880
880
870
870
830
850B
100
1000
102

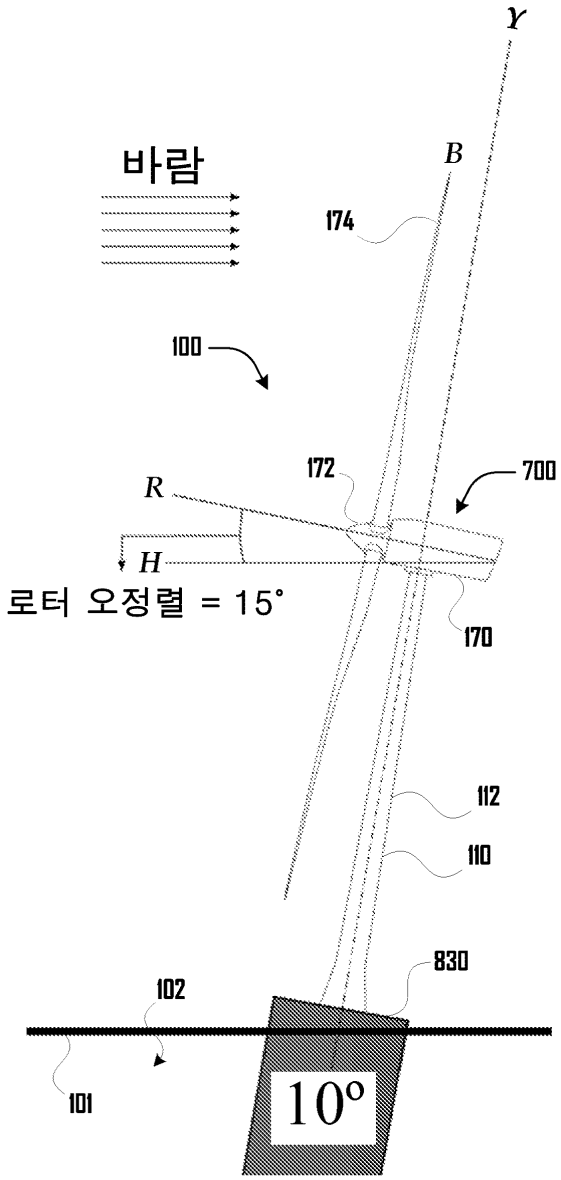
도면12


100
100E
174
700
170
174
172
110
174
18
830
860B1
850B
860B2
860
860A1
860A2
898
880B
890
860C1
896
860C2
880A
894
850A
880
870B2
892
850
840
870B1
850C
850
870A1
870C2
870
870C1
880C
870A2

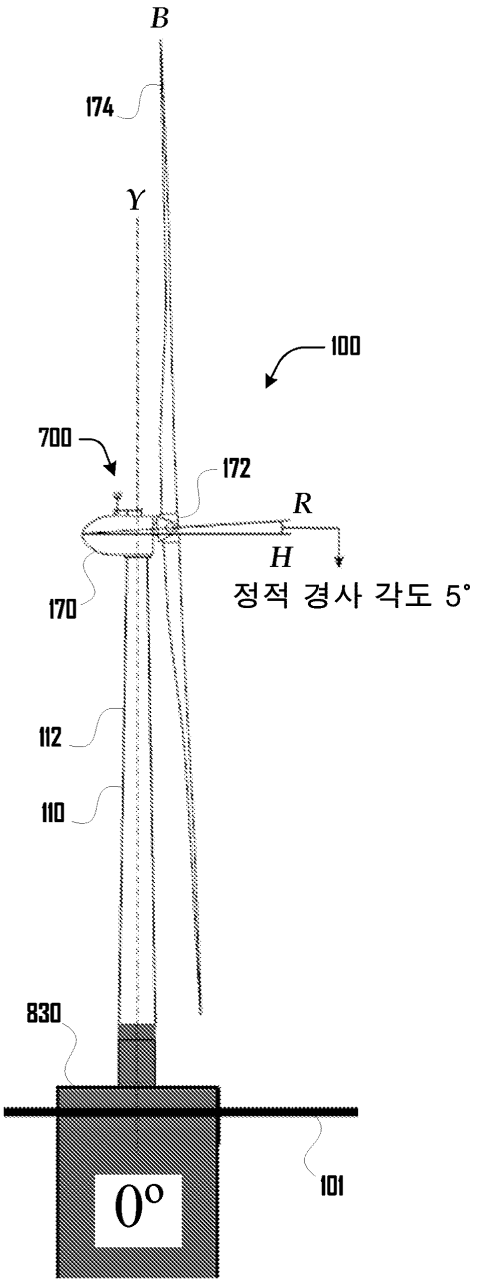
도면13a



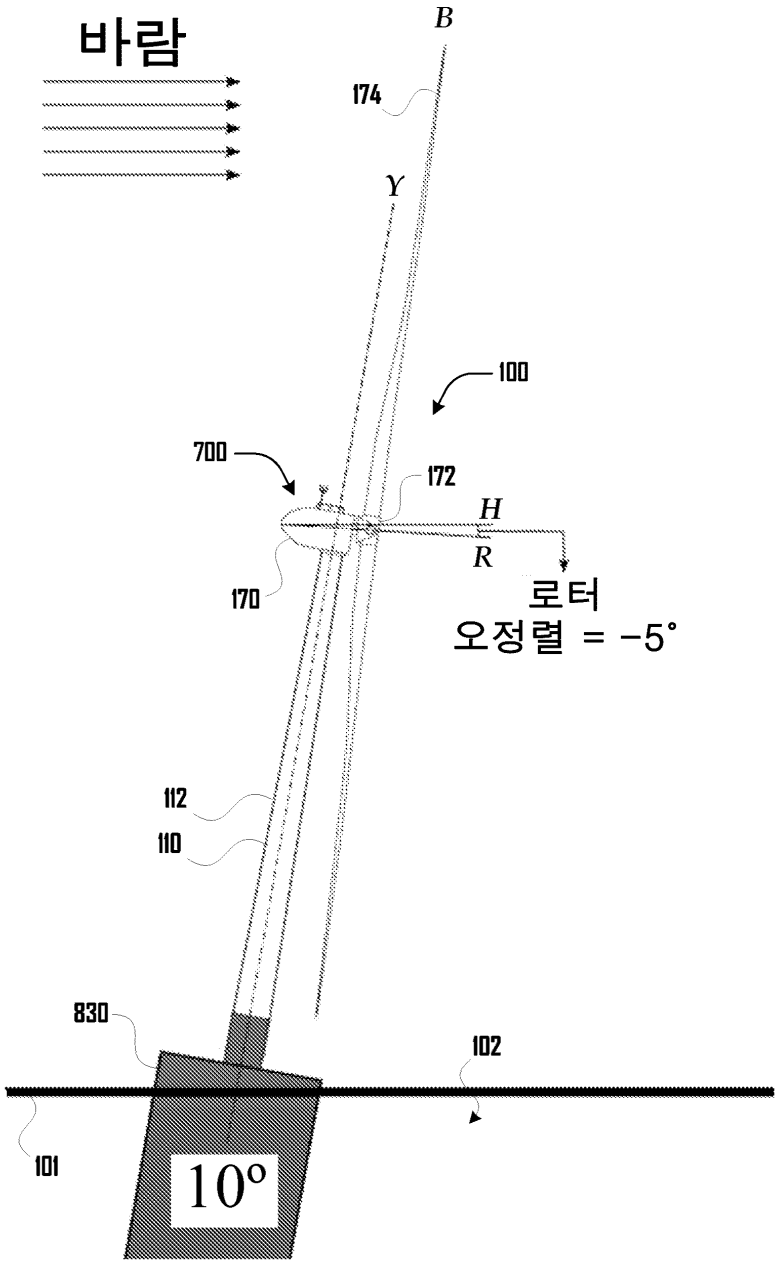
도면13b



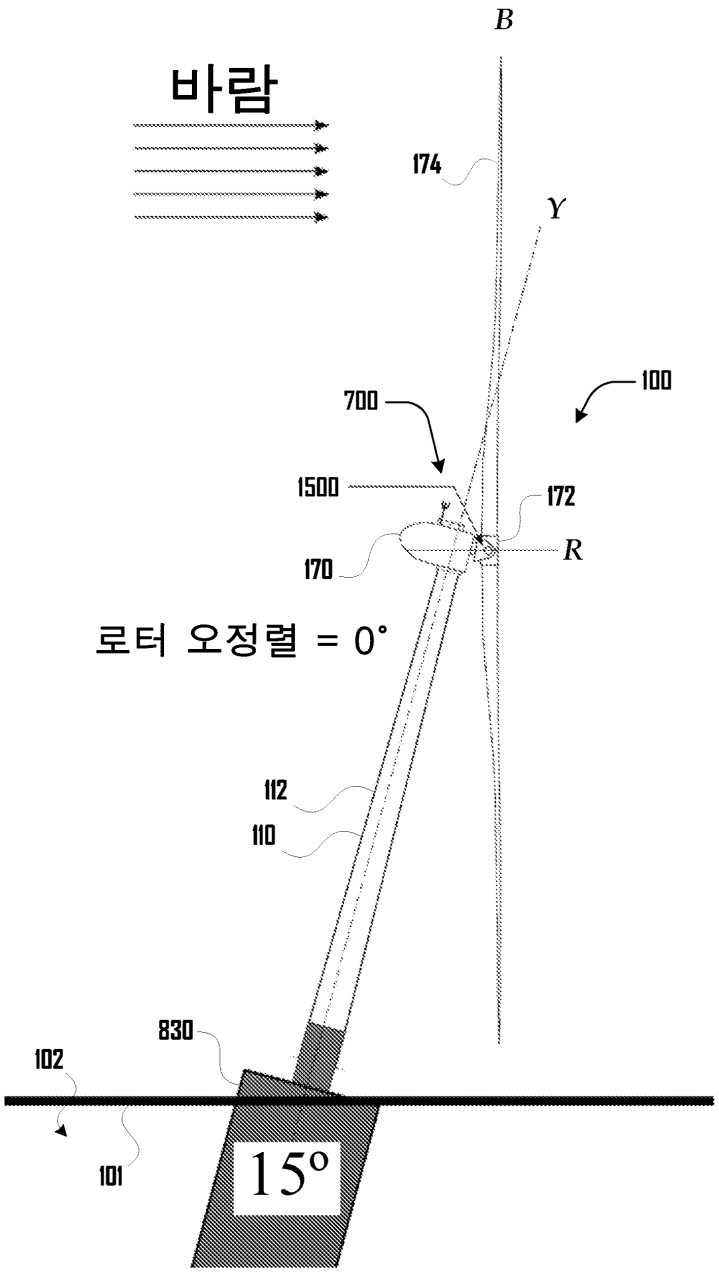
도면14a



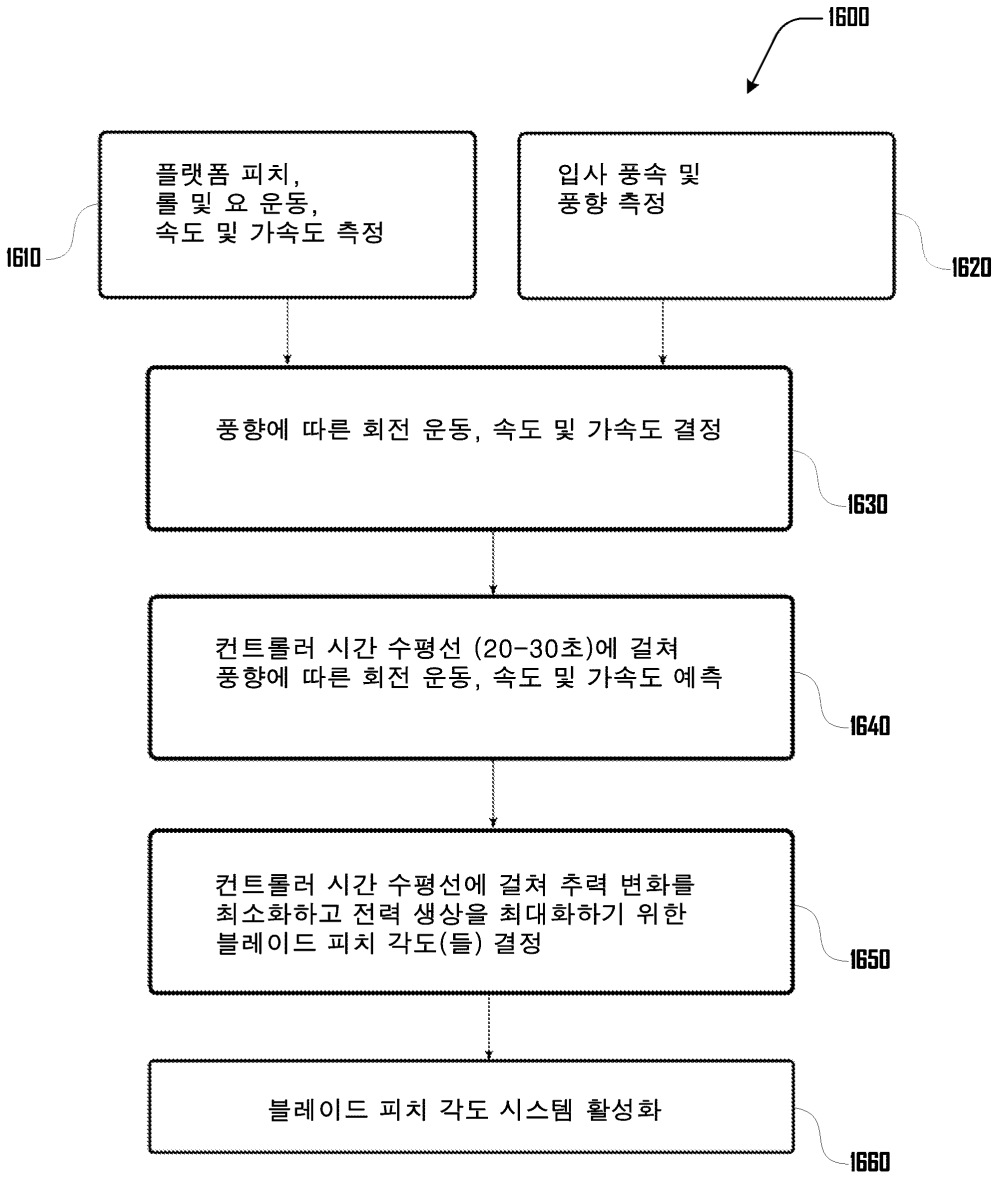
도면14b



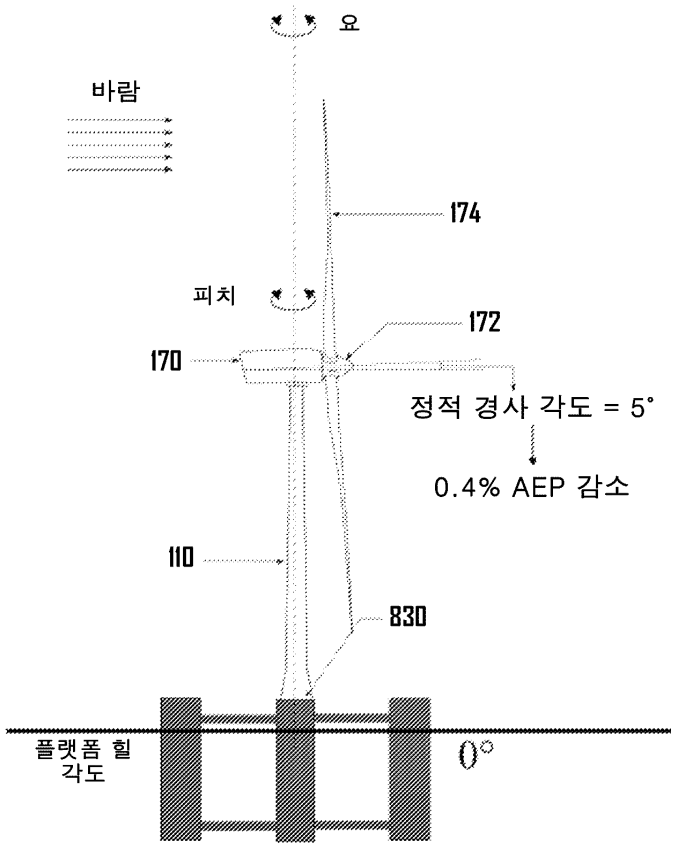
도면15



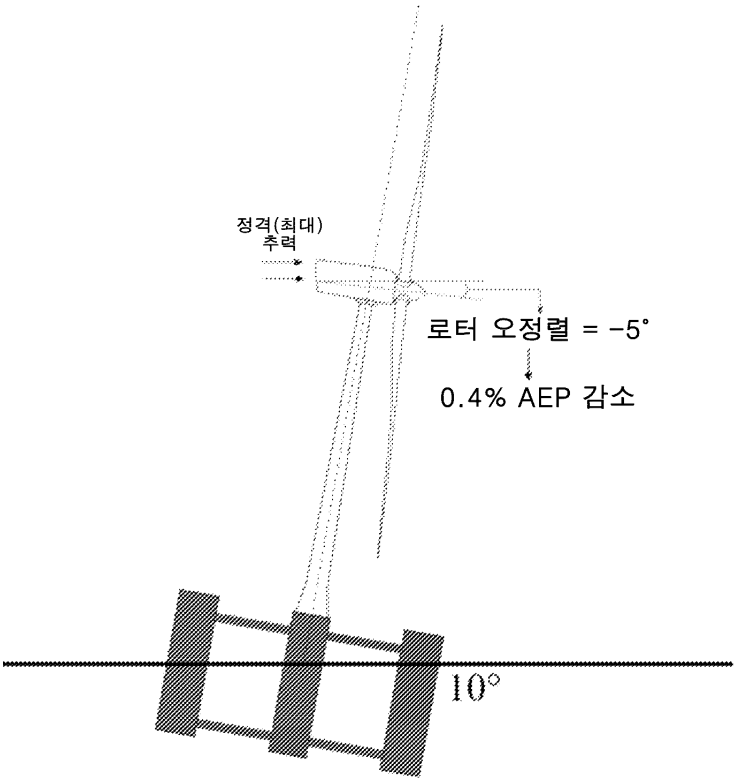
도면16


1600
플랫폼 피치,
롤 및 요 운동,
속도 및 가속도 측정
1610
입사 풍속 및
풍향 측정
1620
풍향에 따른 회전 운동, 속도 및 가속도 결정
1630
컨트롤러 시간 수평선 (20-30초)에 걸쳐
풍향에 따른 회전 운동, 속도 및 가속도 예측
1640
컨트롤러 시간 수평선에 걸쳐 추력 변화를
최소화하고 전력 생상을 최대화하기 위한
블레이드 피치 각도(들) 결정
1650
블레이드 피치 각도 시스템 활성화
1660

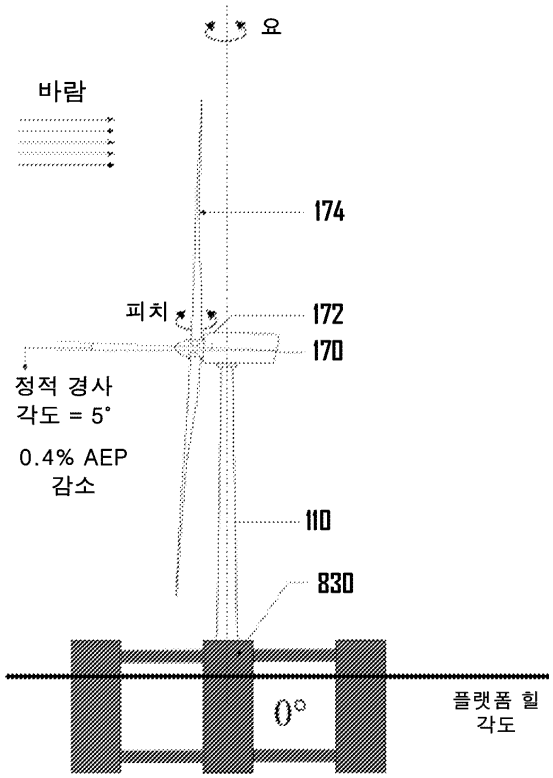
도면17a


요
바람
174
피치
172
170
정적 경사 각도 = 5°
0.4% AEP 감소
110
830
플랫폼 힐
각도
0°

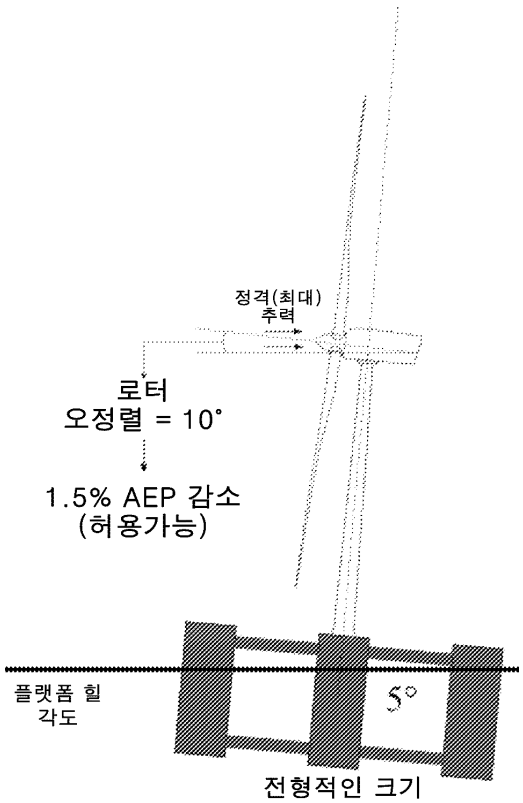
도면17b


정격(최대)
추력
로터 오정렬 = -5°
0.4% AEP 감소
10°

도면18a


요
바람
174
피치
172
170
정적 경사
각도 = 5°
0.4% AEP
감소
110
830
0°
플랫폼 힐
각도

도면18b


정격(최대)
추력
로터
오정렬 = 10°
1.5% AEP 감소
(허용가능)
플랫폼 힐
각도
5°
전형적인 크기

도면18c

