



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0115202
(43) 공개일자 2012년10월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03B 15/04 (2006.01) *F03B 13/26* (2006.01)
F03B 17/06 (2006.01) *F03B 15/06* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7002559
- (22) 출원일자(국제) 2010년05월27일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2012년01월30일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/036445
- (87) 국제공개번호 WO 2011/008351
국제공개일자 2011년01월20일
- (30) 우선권주장
61/221,676 2009년06월30일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
헨트, 터너
미국, 오하이오주 45227, 신시내티, 스위트 203,
웨스트 스트리트 3814
- (72) 발명자
헨트, 터너
미국, 오하이오주 45227, 신시내티, 스위트 203,
웨스트 스트리트 3814
- (74) 대리인
한양특허법인

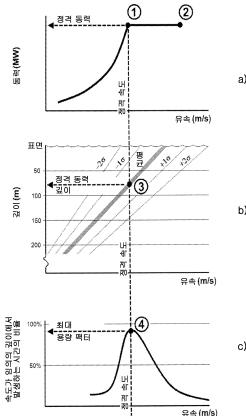
전체 청구항 수 : 총 57 항

(54) 발명의 명칭 어레이를 포함하는 유체 동력 장치용 동력 제어 프로토콜

(57) 요 약

본 개시는 에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법을 개시한다. 이 방법은, 유체 동력 장치에 대해서 목표 상태를 설정하는 단계; 유체 동력 장치의 실제 상태를 감시하는 단계; 에러 신호를 판정하기 위해 목표 상태과 실제 상태를 비교하는 단계; 및 목표 상태에 유체 동력 장치를 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(30) 우선권주장

61/236,222 2009년08월24일 미국(US)

61/328,884 2010년04월28일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법으로서,
 유체 동력 장치에 대해서 목표 동력 발생기 출력 레벨을 설정하는 단계;
 유체 동력 장치의 실제 동력 발생기 출력 레벨을 감시하는 단계;
 에러 신호를 판정하기 위해 목표 동력 발생기 출력 레벨을 실제 동력 발생기 출력 레벨과 비교하는 단계; 및
 목표 동력 발생기 출력 레벨에 유체 동력 장치를 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를
 조정하는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,
 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방
 법.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,
 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 하나를 교체하는 단계를 포함하는, 유체
 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 에러 신호가 0 또는 0 근방일 때,
 플로우 디스터번스(disturbance)를 최소화하기 위해 동일한 양의 무게로 리프트를 교환하는 단계를 더
 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 크기를 판정하는 단계를 더
 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,
 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 스웨트 영역(rotor swept
 area)을 조정하는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,
 복수의 파라미터를 감시하는 단계;
 복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 및
 복수의 파라미터 중 하나 이상이 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 넘을
 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 풀트 상태는,

상기 복수의 파라미터 중 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 플로우로부터 에너지 변환 기를 분리시키는 것을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서, 상기 복수의 파라미터는,

물기둥에서의 자유 스트림 유속;

상기 물기둥에서의 유체 동력 장치의 실제 깊이;

계류(mooring) 케이블 텐션;

충돌 위험을 만들 수 있는 해양 생물체의 존재;

잠재적으로 재해성 날씨 경우의 통과;

실제, 실시간 동력 발생기 동력 출력 레벨; 또는

동력 조절 팩터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 유체 동력 장치는 각각 에너지 변환기를 갖는, 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 방법은,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 측정 신호를 스테이션에 송신하는 단계; 및

상기 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨은, 스테이션에서, 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 합해지는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

개별 동력 조절 팩터가 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨과 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성되는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 방법은,

스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하며,

유체 동력 장치의 깊이는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 더 조정되는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 14

에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 작동시키는 방법으로서,

유체 플로우로부터 에너지 변환기가 결합(engage) 또는 분리(disengage)되는 양을 계속해서 증가 또는 감소시키는 단계; 및

유체 동력 장치가 미리 결정된 상태를 획득 또는 유지하도록 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적

어도 하나를 계속해서 변화시키는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 작동시키는 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서, 상기 미리 결정된 상태는,

실질적으로 0인 총 수직력 균형을 포함하는, 유체 동력 장치를 작동시키는 방법.

청구항 16

청구항 14에 있어서, 상기 미리 결정된 상태는,

실질적으로 0인 총 드래그 힘 균형을 포함하는, 유체 동력 장치를 작동시키는 방법.

청구항 17

청구항 14에 있어서, 상기 미리 결정된 상태는,

자유 스트림 유속에 대응하는 깊이를 포함하는, 유체 동력 장치를 작동시키는 방법.

청구항 18

각각 에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법으로서,

유체 동력 장치의 어레이에 대해서 목표의 총 동력 레벨을 설정하는 단계;

유체 동력 장치의 어레이의 실제의 총 동력 출력 레벨을 감시하는 단계;

에러 신호를 판정하기 위해 목표의 총 동력 레벨과 실제의 총 동력 출력 레벨을 비교하는 단계;

유체 동력 장치의 어레이의 하나 이상의 유체 동력 장치에 동력 조절 팩터를 할당하는 단계; 및

목표의 총 동력 레벨에 유체 동력 장치의 어레이를 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 하나 이상의 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법.

청구항 19

청구항 18에 있어서, 상기 하나 이상의 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,

깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법.

청구항 20

청구항 18에 있어서,

유체 동력 장치가 특정 동력 출력 레벨을 획득 또는 유지하도록, 유체 동력 장치의 어레이의 적어도 하나의 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적어도 하나를 계속해서 변화시키는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법.

청구항 21

청구항 20에 있어서, 상기 특정 동력 출력 레벨은,

정격 동력과 동력 조절 팩터의 곱을 포함하는, 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법.

청구항 22

청구항 20에 있어서,

상기 특정 동력 출력 레벨은 실시간으로 스테이션과 통신되는, 유체 동력 장치의 어레이를 제어하는 방법.

청구항 23

유체 동력 장치를 제어하는 시스템으로서,

(i) 유체 동력 장치에 대해서 목표 상태를 설정하고, (ii) 유체 동력 장치의 실제 상태를 감시하고, (iii) 목표 상태와 실제 상태를 비교하여 에러 신호를 판정하고, (iv) 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하도록 구성된 온보드 컨트롤러;

수류(water current)로부터의 운동 에너지를 이용하도록 구성된 에너지 변환기; 및 목표 상태에 유체 동력 장치를 유지하도록 구성된 가변 이펙터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 24

청구항 23에 있어서, 상기 가변 이펙터는,

유체 동력 장치의 무게를 조정하도록 구성되는 가변 무게 이펙터;

유체 동력 장치의 리프트를 조정하도록 구성되는 가변 리프트 이펙터;

유체 동력 장치의 드래그를 조정하도록 구성되는 가변 드래그 이펙터; 또는

운동 에너지가 에너지 변환기에 의해 이용되는 레이트를 조정하도록 구성된 에너지 변환기 변화 이펙터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 25

청구항 23에 있어서,

상기 목표 상태는 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨을 포함하고,

상기 실제 상태는 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 26

청구항 23에 있어서,

상기 목표 상태는 목표 자유 스트림 유속을 포함하고,

상기 실제 상태는 실제 자유 스트림 유속을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 27

청구항 23에 있어서,

상기 온보드 컨트롤러는 (iv) 복수의 파라미터를 감시하고, (v) 복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해서 설정된 미리 정해진 한계와 비교하고, 및 (vi) 상기 복수의 파라미터의 하나 이상이 상기 복수의 파라미터의 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 초과할 때 폴트 상태를 작동하도록 또한 구성되는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 28

청구항 27에 있어서, 상기 폴트 상태는,

상기 복수의 파라미터의 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 플로우로부터 에너지 변환기를 분리하는 것을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 29

청구항 27에 있어서, 상기 복수의 파라미터는,

물기둥에서 자유 스트림 유속;

물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이;

계류 케이블의 계류 케이블 텐션;

충돌 위험을 발생할 수 있는 해양 생물체의 존재;

잠재적으로 재난성 날씨 경우의 통과;
 실제 동력 출력 레벨; 또는
 동력 조절 팩터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 30

청구항 25에 있어서,

상기 유체 동력 장치는 각각 에너지 변환기를 갖는, 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 시스템은,
 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 스테이션으로 송신하고, 상기 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수
 신하도록 구성된 온보드 커뮤니케이터(communicator)를 더 구비하는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 31

청구항 30에 있어서,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨은 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른
 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 합해지는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 32

청구항 30에 있어서,

개별 동력 조절 팩터는 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨 및
 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성되는, 유체
 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 33

청구항 23에 있어서,

유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 시스템은,
 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하도록 구성된 온보드 커뮤니케이터를 더 포함하며,
 가변 이펙터는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 제어되는, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템.

청구항 34

가변 제어 로터를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법으로서,

유체 동력 장치에 대한 목표 상태를 설정하는 단계;

유체 동력 장치의 실제 상태를 감시하는 단계;

에러 신호를 판정하기 위해 목표 상태를 실제 상태와 비교하는 단계; 및

유체 동력 장치를 목표 상태에 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를
 포함하고,

상기 목표 상태는 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨 또는 목표 자유 스트림 유속을 포함하고,

상기 실제 상태는 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 또는 실제 자유 스트림 유속을 포함하는, 유체 동력 장치를
 제어하는 방법.

청구항 35

청구항 34에 있어서, 상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,

깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방
 법.

청구항 36

청구항 34에 있어서,

복수의 파라미터를 감시하는 단계;

복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해서 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 및

복수의 파라미터의 하나 이상이 상기 복수의 파라미터의 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 초과할 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 37

청구항 36에 있어서, 상기 폴트 상태는,

상기 복수의 파라미터의 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 플로우로부터 에너지 변환기를 분리하는 것을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 38

청구항 36에 있어서, 상기 복수의 파라미터는,

물기둥에서 자유 스트림 유속;

물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이;

계류 케이블의 계류 케이블 텐션;

충돌 위험을 발생할 수 있는 해양 생물체의 존재;

잠재적으로 재난성 날씨 경우의 통과;

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨; 또는

동력 조절 팩터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 39

청구항 34에 있어서, 유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 방법은,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 측정 신호를 스테이션으로 송신하는 단계; 및

상기 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 40

청구항 39에 있어서,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨이 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 합해지며,

개별 동력 조절 팩터는 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨 및 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성되는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 41

청구항 34에 있어서, 유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되고,

이 방법은, 개별 동력 조절 팩터를 스테이션으로부터 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는 개별 동력 조절 팩터에 또한 기초하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 42

수류로부터의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 발생하는 발전 장치로서,
 운동 에너지를 이용하도록 구성된 에너지 변환기;
 상기 에너지 변환기에 결합된 동력 발생기;
 장치의 무게, 리프트 또는 드래그중 적어도 하나에 영향을 미치도록 구성된 가변 이펙터;
 동력 발생기의 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 검출하도록 구성된 동력 출력 센서; 및
 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨의 차이에 기초하여 장치의 동작 깊이를
 조정하기 위해 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적어도 하나를 변화시키기 위해 가변 이펙터를 제어하는 온
 보드 컨트롤러를 포함하는, 발전 장치.

청구항 43

에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법으로서,
 유체 동력 장치에 대해서 목표 자유 스트림 유속을 설정하는 단계;
 실제 자유 스트림 유속을 감시하는 단계;
 여러 신호를 판정하기 위해 목표 자유 스트림 유속과 실제 자유 스트림 유속을 비교하는 단계; 및
 목표 자유 스트림 유속에 유체 동력 장치를 유지하기 위해 여러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정
 하는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 44

청구항 43에 있어서, 상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,
 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방
 법.

청구항 45

청구항 43에 있어서, 상기 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는,
 여러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 하나를 교체하는 단계를 포함하는, 유체
 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 46

청구항 45에 있어서, 여러 신호가 0 또는 0 근방일 때, 이 방법은,
 플로우 디스터번스를 최소화하기 위해 동일한 양의 무게로 리프트를 교환하는 단계를 더 포함하는, 유체 동력
 장치를 제어하는 방법.

청구항 47

청구항 43에 있어서,
 상기 에너지 변환기는 가변 제어 로터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 48

청구항 43에 있어서,
 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 크기를 판정하는 단계;
 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 스윕트 영역을 조정하는 단계
 를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 49

청구항 43에 있어서,

복수의 파라미터를 감시하는 단계;

복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 및
복수의 파라미터 중 하나 이상이 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 초과
할 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 50

청구항 49에 있어서, 상기 폴트 상태는,

상기 복수의 파라미터 중 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 플로우로부터 에너지 변환
기를 분리시키는 것을 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 51

청구항 49에 있어서, 상기 복수의 파라미터는,

물기등에서 자유 스트림 유속;

물기등에서 유체 동력 장치의 실제 깊이;

계류 케이블 텐션;

충돌 위험을 만들 수 있는 해양 생물체의 존재;

잠재적으로 재해성 날씨 경우의 통과;

실제, 실시간 동력 발생기 동력 출력 레벨; 또는

동력 조절 팩터를 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 52

청구항 43에 있어서,

상기 유체 동력 장치는, 각각 에너지 변환기를 갖는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 방법은,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 측정 신호를 스테이션에 송신하는 단계; 및

상기 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 53

청구항 52에 있어서,

실제 동력 발생기 동력 출력 레벨은, 스테이션에서, 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터
수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 합해지는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 54

청구항 52에 있어서,

개별 동력 조절 팩터가 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨과 유
체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성되는, 유체 동
력 장치를 제어하는 방법.

청구항 55

청구항 43에 있어서,

상기 유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치되며, 이 방법은,

스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하며,

상기 유체 동력 장치의 깊이는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 더 조정되는, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 56

청구항 1에 있어서,

상기 에너지 변환기는 가변 제어 로터인, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

청구항 57

청구항 43에 있어서,

상기 에너지 변환기는 가변 제어 로터인, 유체 동력 장치를 제어하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001]

이전 출원에 관한 상호 참조

[0002]

본 출원은, 2009년 6월 30일에 출원되고 "OCEAN CURRENT TURBINE AND HYDROKINETIC POWER GENERATION APPARATUSES AND RELATED METHODS, ALONG WITH MOORING & YAW ARRANGEMENTS, FURLING ROTOR DEPTH CONTROL, AND MOORING HARNESSSES FOR USE THEREWITH"라는 명칭을 갖는 미국 가특허출원 제 61/221,676호를 우선권으로서 그리고 그 이익을 청구하며, 이 가특허출원 전체는 여기서 인용된다. 본 출원은 또한, 2009년 8월 24일에 출원되고 "SELF-CONTAINED VARIABLE PITCH CONTROL ROTOR HUB; METHOD OF MAXIMIZING ENERGY OUTPUT AND CONTROLLING OPERATING DEPTH OF AN OCEAN CURRENT TURBINE; AND VARIABLE DEPTH HYDROPLANE SLED"라는 명칭을 갖는 미국 가특허출원 제 61/236,222호를 우선권으로서 그리고 그 이익을 청구하며, 이 가특허출원 전체는 여기서 인용된다. 본 출원은 또한, 2010년 4월 28일에 출원되고 "FLOODED ANCHORING SYSTEM AND METHOD OF DEPLOYMENT, POSITIONING AND RECOVERY"라는 명칭을 갖는 미국 가특허출원 61/328,884호를 우선권으로서 그리고 그 이익을 청구하며, 이 가특허출원 전체는 여기서 인용된다.

[0003]

본 개시는 유체 흐름의 운동 에너지로부터 동력을 생성하는 방법, 시스템 및 장치에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 개시는 유체 동력 장치의 어레이를 포함하여, 유체 동력 장치로부터의 동력 출력을 제어, 조절 및 최대화하는 방법, 시스템 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0004]

흐르고 있는 해류의 역학 에너지는 클린 재생 에너지의 중요한 원천이다. 세계의 바다에 있는 물은 계속 움직이며, 많은 장소에는, 1.0m/s(meters-per-second)를 초과하는 속도로 반복적이고, 일관되며 신속하게 움직이는 해류가 있다. 그러한 예는 멕시코 만류, 훔볼트 해류(the Humboldt), 쿠로시오 해류(the Kuroshio), 아굴라스 해류(the Agulhas) 등이 있다. 이를 해류는 바다의 열 및 염분 변화도, 코리올리의 힘 및 기타 바다의 열 전달 메커니즘에 그 기원을 두고 있다.

[0005]

이들 해류는, 300미터를 초과하는 바닥 깊이의 대륙붕 지역에 주로 있는 "바다의 강"이다. 그러한 깊이로 인해, 동력 장치를 케이블이나 테더로 해저에 고정된 상류 닻(upstream anchor)에 매어두어야 한다. 이를 해양 흐름은 역의 속도 시어(shear) 프로파일을 나타내는 경향이 있다. 즉, 더 깊게 들어갈수록 유속의 속력이 거의 선형 관계로 감소한다. 이 자유 스트림 흐름 플로우 움직임은 정격 속도가 발생하는 동작 깊이에서 유체 동력 장치를 능동적으로 배치함으로서 에너지 출력을 제어, 조절 및 최대화하는 기회를 제공함으로써, 부착된 동력 발생기에 의한 정격 동력의 출력을 용이하게 한다.

[0006]

흐름 유체 동력 장치는 일반적으로 가변 속도 조정으로 특정 깊이에 배치되어 그 깊이에서 유지된다. 미국 특허 번호 6,091,161은 테더링된(tethered) 수류에 의해 구동되는 터빈 장치의 동작 깊이를 제어하는 방법을 개시한다. 장치는 소정의 최대 깊이와 소정의 최소 깊이 사이의 중간, 바람직하게는 2개의 소정 깊이 사이의 중간에서 유지된다. 일정한 깊이 접근을 사용하는 결과로서, 장치는, 동력의 떨어뜨림과 철회가 요구되는 터빈의 정격 속도 위의 속도 또는 동력 발생기가 부분 동력만을 출력할 수 있는 정격 속도 아래의 속도를 포함하여 자유 스트림 유속이 특정 깊이 범위에서 발생하는 속도에서 동작하여야 한다. 이 특허는 예를 들면, 증가된 유속

에 따라서, 장치가 부력 및/또는 유체 동력 리프트를 증가시켜서 동일한 깊이에 유지함으로써, 더 깊은 깊이로 끌려가는 것을 방지한다.

[0007] 미국 특허 번호 7,291,936은 완전 잠수의 전력 발전 장치를 개시하는 것으로 보여진다. 개시된 장치는 미국 특허 번호 6,091,161에 개시된 것과 유사한 일정한 깊이, 가변 속도 방법을 사용하는 것으로 보여진다. '936에 개시된 방법은, 증가하는 유속에 따라서, 더 큰 각도의 어택(attack)으로 전체 장치 및 부착된 수상기 윙를 피칭(pitching)함으로써 장치의 유체 동력 리프트를 증가시키는 것이 필요함으로써, 더 큰 유체 동력 리프트를 생성하여 장치를 동일한 깊이에 유지하고 더 깊은 곳으로 끌려가는 것을 피한다.

[0008] 본 개시는, 청정, 재생가능한 에너지를 제공하기 위해 흐르는 수류의 운동 에너지를 사용하는 유체 동력 장치와, 동력 생성을 최대화 및/또는 조절하기 위해 유체 동력 장치의 실질적으로 일정한 속도와 가변 깊이 조정을 제공하는 방법, 시스템 및 장치를 제공한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0009] 유체 동력 장치의 피칭, 롤링 및 드래그를 안정화시키는 시스템과 방법뿐 아니라 청정, 재생가능한 에너지를 제공하기 위해 흐르는 수류의 운동 에너지를 사용하는 유체 동력 장치와, 방법, 시스템을 제공한다.

[0010] 본 개시의 구성에 따르면, 에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법이 제공되며, 이 방법은, 유체 동력 장치에 대한 목표 동력 발생기 출력 레벨을 설정하는 단계; 유체 동력 장치의 실제 동력 발생기 출력 레벨을 감시하는 단계; 에러 신호를 판정하기 위해 목표 동력 발생기 출력 레벨을 실제 동력 발생기 출력 레벨과 비교하는 단계; 및 목표 동력 발생기 출력 레벨에 유체 동력 장치를 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를 포함한다. 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 것은 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계 및/또는 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 하나를 교체하는 단계를 포함한다. 에러 신호가 0 또는 0 근방일 때, 이 방법은 플로우 디스터번스를 최소화하기 위해 동일한 양의 무게로 리프트를 교환하는 것을 더 포함할 수 있다. 에너지 변환기는 가변 제어 로터를 포함할 수 있다.

[0011] 유체 동력 장치는 각각 에너지 변환기를 갖는, 유체 동력 장치의 어레이에 배치될 수 있다. 이 방법은 실제 동력 발생기 동력 출력 측정 신호를 스테이션에 송신하는 단계; 및 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨은 유체 동력 장치의 어레이의 유체 동력 장치 중 또 다른 것으로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 서로 합해질 수 있다. 개별 동력 조절 팩터가 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대해서 목표의 총 동력 출력 레벨과 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대해서 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성될 수 있다. 이 방법은 또한 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함하며, 유체 동력 장치의 깊이는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 더 조정된다.

[0012] 이 방법은 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 크기를 판정하는 단계; 또는 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 스웨트 영역(rotor swept area)을 조정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 이 방법은, 복수의 파라미터를 감시하는 단계; 복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 및 복수의 파라미터 중 하나 이상이 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 넘을 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 폴트 상태는 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 플로우로부터 에너지 변환기를 분리시키는 것을 포함할 수 있다. 복수의 파라미터는 물기둥에서 자유 스트림 유속; 물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이; 계류 케이블 텐션; 충돌 위험을 만들 수 있는 해양 생물의 존재; 잠재적으로 재해성 날씨 사건의 통과; 실제 실시간 동력 발생기 동력 출력 레벨; 또는 동력 조절 팩터를 포함할 수 있다.

[0014] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 이 방법은 에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 동작시키는 방법이 제공된다. 이 방법은, 유체 흐름으로부터 에너지 변환기가 결합(engage) 또는 분리(disengage)되는 양을 계속해서 증가 또는 감소시키는 단계; 및 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적어도 하나를 계속해서 변화시키므로, 유체 동력 장치는 미리 결정된 상태를 획득 또는 유지한다. 미리 결정된 상태는 실질적으로 0인 총 수직력 균형; 실질적으로 0인 총 드래그 힘 균형; 또는 자유 스트림 유속에 대응하는 깊이를 포함할 수

있다.

[0015] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 이 방법은 유체 동력 장치의 어레이를 제어하기 위한 방법이 제공되며, 각각의 유체 동력 장치는 에너지 변환기를 포함한다. 이 방법은, 유체 동력 장치의 어레이에 대해서 목표의 총 동력 레벨을 설정하는 단계; 유체 동력 장치의 어레이의 실제의 총 동력 출력 레벨을 감시하는 단계; 에러 신호를 판정하기 위해 목표의 총 동력 레벨과 실제의 총 동력 출력 레벨을 비교하는 단계; 유체 동력 장치의 어레이의 하나 이상의 유체 동력 장치에 동력 조절 팩터를 할당하는 단계; 및 목표의 총 동력 레벨에 유체 동력 장치의 어레이를 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 하나 이상의 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 하나 이상의 유체 동력 장치를 조정하는 단계는 동력 제어 프로토콜을 깊이 변화 프로토콜로 작동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 본 방법은 유체 동력 장치의 어레이의 하나 이상의 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적어도 하나를 계속해서 변화시키므로 유체 동력 장치는 특정 동력 출력 레벨을 획득 또는 유지하는 단계를 더 포함할 수 있다. 특정 동력 출력 레벨은 정격 동력과 동력 조절 팩터의 곱을 포함한다. 특정된 동력 출력 레벨은 실시간으로 스테이션과 통신될 수 있다.

[0017] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 유체 동력 장치를 제어하는 시스템이 제공된다. 이 시스템은, (i) 유체 동력 장치의 목표 상태를 설정하고, (ii) 유체 동력 장치의 실제 상태를 감시하고, (iii) 목표 상태과 실제 상태를 비교하여 에러 신호를 판정하고, (iv) 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하도록 구성된 온보드 컨트롤러; 수류로부터의 운동 에너지를 이용하도록 구성된 에너지 변환기; 및 목표 상태에 유체 동력 장치를 유지하도록 구성된 가변 이펙터를 포함한다. 가변 이펙터는, 유체 동력 장치의 무게를 조정하도록 구성되는 가변 무게 이펙터; 유체 동력 장치의 리프트를 조정하도록 구성되는 가변 리프트 이펙터; 유체 동력 장치의 드래그를 조정하도록 구성되는 가변 드래그 이펙터; 운동 에너지가 에너지 변환기에 의해 이용되는 레이트를 조정하도록 구성된 에너지 변환기 변화 이펙터를 포함한다. 목표 상태는 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨을 포함할 수 있고, 실제 상태는 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 포함할 수 있다. 목표 상태는 목표 자유 스트림 유속을 포함할 수 있고, 실제 상태는 실제 자유 스트림 유속을 포함할 수 있다. 온보드 컨트롤러는 (iv) 복수의 파라미터를 감시, (v) 각각의 복수의 파라미터를 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해서 설정된 미리 정해진 한계와 비교, 및 (vi) 복수의 파라미터 중 하나 이상이 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 초과할 때 폴트를 작동하도록 구성될 수 있다. 폴트 상태는, 상기 복수의 파라미터 중 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 흐름으로부터 에너지 변환기를 분리하는 것을 포함할 수 있다. 복수의 파라미터는, 물기둥에서 자유 스트림 유속; 물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이; 계류 케이블의 계류 케이블 텐션; 충돌 위험을 발생할 수 있는 해양 생물체의 존재; 잠재적으로 재난성 날씨 경우의 통과; 실제 동력 출력 레벨; 또는 동력 조절 팩터를 포함할 수 있다.

[0018] 시스템에서, 유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치될 수 있고, 각각은 에너지 변환기를 구비한다. 시스템은, 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 스테이션으로 송신하고, 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하도록 구성된 온보드 커뮤니케이터를 더 구비할 수 있다. 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨은 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 집계될 수 있다. 개별 동력 조절 팩터는 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨 및 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성될 수 있다.

[0019] 시스템은 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하도록 구성된 온보드 커뮤니케이터를 더 포함할 수 있으며, 가변 이펙터는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 제어된다.

[0020] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 이 방법은, 가변 제어 로터를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 유체 동력 장치에 대한 목표 상태를 설정하는 단계; 유체 동력 장치의 실제 상태를 감시하는 단계; 에러 신호를 판정하기 위해 목표 상태를 실제 상태와 비교하는 단계; 유체 동력 장치를 목표 상태에 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를 포함하고, 목표 상태는 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨 또는 목표 자유 스트림 유속을 포함하고, 실제 상태는 실제 동력 발생기 출력 레벨 또는 실제 자유 스트림 유속을 포함한다. 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0021] 이 방법은, 복수의 파라미터를 감시하는 단계; 복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해서 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 복수의 파라미터의 하나 이상이 상기 복수의 파라미터의 하나 이

상에 대해서 설정된 미리정해진 한계를 초과할 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 폴트 상태는 상기 복수의 파라미터의 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 흐름으로부터 에너지 변환기를 분리하는 단계를 포함할 수 있다. 복수의 파라미터는 물기둥에서 자유 스트림 유속; 물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이; 계류 케이블의 계류 케이블 텐션; 충돌 위험을 발생할 수 있는 해양 생물체의 존재; 잠재적으로 재난성 날씨 경우의 통과; 실제 동력 출력 레벨; 또는 동력 조절 팩터를 포함할 수 있다.

[0022] 유체 동력 장치는 유체 동력 장치의 어레이에 배치될 수 있다. 이에 대해서, 이 방법은, 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 측정 신호를 스테이션으로 송신하는 단계; 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨이 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 합해질 수 있다. 개별 동력 조절 팩터는 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨 및 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성될 수 있다. 이 방법은, 개별 동력 조절 팩터를 스테이션으로부터 수신하는 단계를 더 포함할 수 있고, 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 것은 개별 동력 조절 팩터에 또한 기초한다.

[0023] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 수류로부터의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 발생하는 동력 발생 장치가 제공된다. 이 장치는 운동 에너지를 이용하도록 구성되는 에너지 변환기; 에너지 변환기와 연결된 전기 동력 발생기; 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 적어도 하나에 영향을 주도록 구성된 가변 이펙터; 전기 동력 발생기의 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨을 검출하도록 구성되는 동력 출력 센서; 및 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨의 차이에 기초하여 장치의 동작 깊이를 조정하도록 장치의 무게, 리프트, 또는 드래그 중 적어도 하나를 변화시키는 가변 이펙터를 제어하도록 조정되는 온보드 컨트롤러를 포함한다. 에너지 변환기는 가변 제어 로터를 포함할 수 있다.

[0024] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 이 방법은, 에너지 변환기를 포함하는 유체 동력 장치를 제어하는 방법이 제공된다. 이 방법은, 유체 동력 장치에 대한 목표 자유 스트림 유속을 설정하는 단계; 실제 자유 스트림 유속을 감시하는 단계; 에러 신호를 판정하기 위해 목표 자유 스트림 유속을 실제 자유 스트림 유속과 비교하는 단계; 유체 동력 장치를 목표 자유 스트림 유속에 유지하기 위해 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계를 포함한다. 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는 깊이 변화 프로토콜을 갖는 동력 제어 프로토콜을 작동시키는 단계를 포함할 수 있다. 유체 동력 장치의 깊이를 조정하는 단계는 에러 신호에 기초하여 유체 동력 장치의 무게, 리프트 또는 드래그 중 하나를 교체하는 것을 포함할 수 있다. 에러 신호는 0 또는 0 근방일 수 있으며, 이 경우에 방법은 흐름 장애를 최소화하기 위해 동일한 양으로 무게에 대한 리프트를 교환하는 것을 더 포함할 수 있다. 에너지 변환기는 가변 제어 로터를 포함할 수 있다.

[0025] 이 방법은, 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 크기를 판정하는 단계; 및 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에 기초하여 로터 스윕트 영역을 조정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0026] 이 방법은, 복수의 파라미터를 감시하는 단계; 복수의 파라미터의 각각을 상기 복수의 파라미터의 각각에 대해서 설정된 미리 정해진 한계와 비교하는 단계; 복수의 파라미터의 하나 이상이 상기 복수의 파라미터의 하나 이상에 대해서 설정된 미리 정해진 한계를 초과할 때 폴트 상태를 작동시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 폴트 상태는 상기 복수의 파라미터의 하나 이상이 각각의 미리 정해진 한계 이하일 때까지 유체 흐름으로부터 에너지 변환기를 분리하는 단계를 포함할 수 있다. 복수의 파라미터는 물기둥에서 자유 스트림 유속; 물기둥에서 유체 동력 장치의 실제 깊이; 계류 케이블 텐션; 충돌 위험을 발생할 수 있는 해양 생물체의 존재; 잠재적으로 재난성 날씨 경우의 통과; 실제 실시간 동력 출력 레벨; 또는 동력 조절 팩터를 포함할 수 있다. 에너지 변환기는 가변 제어 로터를 포함할 수 있다.

[0027] 유체 동력 장치는 각각 에너지 변환기를 갖는 유체 동력 장치의 어레이에 배치될 수 있다. 이 경우에, 이 방법은, 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨 측정 신호를 스테이션으로 송부하는 단계; 스테이션으로부터 개별 동력 조절 팩터를 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨이 유체 동력 장치의 어레이의 또 다른 유체 동력 장치로부터 수신된 또 다른 실제 동력 발생기 동력 출력 레벨과 스테이션에서 집계될 수 있다. 개별 동력 조절 팩터는 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨 및 유체 동력 장치의 어레이의 모든 유체 동력 장치에 대한 실제의 총 동력 출력 레벨에 기초하여 생성될 수 있다. 이 방법은, 개별 동력 조절 팩터를 스테이션으로부터 수신하는 단계를 더 포함할 수 있고, 유체 동력 장치의 깊이는 개별 동력 조절 팩터에 기초하여 또한 조정된다.

[0028] 본 개시의 추가적인 특징, 장점 및 실시예는 다음의 상세한 설명 및 도면을 고려하여 명백히 설명될 수 있다. 또한, 앞의 본 개시의 요약 및 상세한 설명 및 도면은 일 예이며 본 개시의 범위를 제한하지 않고 설명을 제공하고자 의도된 것이다.

[0029] 본 개시의 추가적인 이해를 제공하기 위해 포함되는, 도면을 포함한 수반하는 부가 부분이 본 명세서에 포함되며 그 일부를 구성하며, 본 개시의 실시예를 예시하며 상세한 설명과 함께 본 개시의 원리를 설명하는 역할을 한다. 본 개시 및 이것이 실현될 수 있는 여러 가지 방식을 기본적으로 이해하는데 필요할 수 있는 것보다 더 상세하게 본 개시를 구조적으로 상세하게 기재하고자 하진 않는다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1a는 수평축 가변 피치 제어 로터 시스템에 의한 동력 출력의 예를 나타낸다.

도 1b는 해양 흐름의 자유 스트림 유속의 역 속도 시어 프로파일의 일 예를 도시한다.

도 1c는 자유 스트림 유속이 연장된 기간에 걸쳐 (일부) 깊이에서 발생할 수 있는 시간의 비율의 예를 도시한다.

도 2a 및 2b는 유체 동력 장치의 일 예의 각각의 사시도와 측면도를 나타낸다.

도 2c는 동력 제어 프로세스의 예를 도시한다.

도 2d는 또 다른 동력 제어 프로세스의 예를 도시한다.

도 3a는 평균 속도로 움직이는 해양 흐름에서 정격 속도로 동작하는 도 2c의 테더링된 유체 동력 장치의 일 예를 도시한다.

도 3b는 평균 속도보다 큰 속도로 움직이는 해양 흐름에서 정격 속도로 동작하는 도 2c의 테더링된 유체 동력 장치의 일 예를 도시한다.

도 3c는 평균 속도보다 느린 속도로 움직이는 해양 흐름에서 정격 속도로 동작하는 도 2c의 테더링된 유체 동력 장치의 일 예를 도시한다.

도 4는 테더링된 유체 동력 장치의 동작의 결합된 그래픽 요약의 일 예를 도시한다.

도 5는 THOR 컨트롤러의 파라미터 표시의 예를 도시한다.

도 6은 해양 흐름 팜 어레이에 대한 총 동력 출력을 제어하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 7은 해양 흐름 팜 어레이에서 유체 동력 장치를 제어하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 8은 유체 동력 장치를 제어하는 또 다른 프로세스의 예를 도시한다.

도 9는 유체 동력 장치의 다이브를 제어하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 10은 유체 동력 장치의 상승을 제어하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 11은 로터를 결합하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 12는 로터를 분리하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 13은 로터를 실질적으로 아이들로 유지하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

도 14는 유속을 결정하는 프로세스의 일 예를 도시한다.

본 개시는 다음에 오는 상세한 설명에 더욱 기재된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이 개시의 실시예 및 그 상세한 다양한 특징과 장점은, 첨부 도면에 기재 및/또는 도시되고, 다음의 상세한 설명에서 상세하게 설명된, 비제한적인 실시예와 보기로 참조하여 보다 자세히 설명한다. 도면에 도시된 특징들은 반드시 치수대로 도시된 것은 아니며, 숙련된 기술자들이 인식할 수 있기 때문에, 여기에 배타적으로 서술된 것이 아니면, 일 실시예의 특징들이 다른 실시예들과 사용될 수 있다. 개시의 실시예를 불필요하게 불명확하게 하지 않도록 주지의 구성 요소와 처리 기술의 설명이 생략될 수 있다. 여기에서 사용된 실시예들은 단지 개시

가 구현될 수 있는 방식의 이해를 촉진하고 본 기술에서 숙련된 자가 개시의 실시예들을 구현할 수 있도록 의도된 것이다. 따라서, 여기의 보기와 실시예들은 개시의 범위를 제한하는 것으로 이해되어서는 안되며, 전적으로 첨부된 청구범위 및 적용가능한 법에 의해서만 한정된다. 또한, 도면 중 일부 도면을 통해 동일한 도면 부호는 유사한 부분을 나타낸다.

[0032] 이 개시에서 사용되는 것같이, "컴퓨터"는, 임의의 기계, 장치, 회로, 구성소자 또는 모듈, 또는 예를 들면, 프로세서, 마이크로프로세서, 중앙 처리 유닛, 범용 컴퓨터, 슈퍼 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 팜탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 데스크탑 컴퓨터, 워크스테이션 컴퓨터, 서버 등을 포함하지만, 이것에 한정되는 것이 아니고, 하나 이상의 지시에 따라서 데이터를 조작할 수 있는, 기계, 장치, 회로, 구성소자, 모듈 등의 임의의 시스템, 또는 프로세서, 마이크로프로세서, 중앙 처리 유닛, 범용 컴퓨터, 슈퍼 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 팜탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 데스크탑 컴퓨터, 워크스테이션 컴퓨터, 서버 등의 어레이를 의미한다. 또한, 컴퓨터는 통신 링크를 통해서 통신하도록 구성되는 전자 기기를 포함할 수 있다. 전자 기기는 예를 들면 휴대용 전화기, PDA(personal data assistant), 휴대용 컴퓨터, 스테이셔너리 컴퓨터, 스마트 폰, 휴대용 스테이션, 사용자 장치 등을 포함할 수 있지만, 이것에 한정되는 것은 아니다.

[0033] 본 개시에서 사용되는 것같이, "네트워크"는, 2개 이상의 통신 링크의 배열을 의미한다. 네트워크는 예를 들면, 인터넷, LAN(local area network), WAN(wide area network), MAN(metropolitan area network), PAN(personal area network), campus area network, corporate area network, GAN(global area network), BAN(broadband area network), 이들의 임의의 조합 등을 포함할 수 있다. 네트워크는 예를 들면, 포인트-투-포인트 토폴로지, 버스 토폴로지, 선형 버스 토폴로지, 분배된 버스 토폴로지, 스타 토폴로지, 연장된 스타 토폴로지, 분배된 스타 토폴로지, 링 토폴로지, 메시 토폴로지, 트리 토폴로지 등을 포함하는 하나 이상의 토폴로지를 포함할 수 있다.

[0034] 본 개시에서 사용되는 것같이, "통신 링크"는, 적어도 2개의 포인트 사이에 데이터 또는 정보를 전달하는 유선, 무선 및/또는 음향 매체를 의미한다. 유선 또는 무선 매체는 예를 들면 금속 전도체 링크, 무선 주파수(RF) 통신 링크, 적외선(IR) 통신 링크, 광 통신 링크 등을 포함할 수 있지만, 여기에 한정되지 않는다. RF 통신 링크는 예를 들면 WiFi, WiMAX, IEEE802.11, DECT, 0G, 1G, 2G, 3G, 또는 4G 셀룰러 표준, 블루투스 등을 포함할 수 있다.

[0035] 본 개시에서 사용되는 것같이, 용어 "포함하는", "구비하는" 및 그 변형은, 표현상 다르게 규정되지 않으면, "포함하지만, 거기에 한정되지 않는"으로 이해한다.

[0036] 본 개시에서 단수 형태로 기재된 용어는 다르게 명시적으로 규정되지 않는다면, "하나 이상"을 의미한다.

[0037] 서로 통신 중인 장치는 다르게 명시적으로 규정되지 않는다면 서로 계속해서 통신할 필요는 없다. 게다가, 서로 통신 중인 장치는 하나 이상의 중간매체를 통해 직간접적으로 통신할 수 있다.

[0038] 프로세스 단계, 방법 단계, 알고리즘 단계 등이 순차적인 순서로 서술되었지만, 이러한 프로세스, 방법 및 알고리즘은 또 다른 순서로 동작하도록 구성될 수 있다. 즉, 서술된 단계들의 임의의 시퀀스 또는 순서는 단계들이 반드시 그 순서로 행해져야 하는 필요성을 나타내는 것은 아니다. 서술된 단계들의 프로세스, 방법 또는 알고리즘의 단계들은 실0 임의의 순서로 실행될 수 있다. 또한, 일부 단계들은 동시에 행해질 수 있다. 또한, 단계는 하나 이상의 서브-단계들을 갖는 프로세스를 포함할 수 있다.

[0039] 단일 장치 또는 아티클이 여기에 서술되었지만, 단일 장치 또는 아티클 대신에 하나 이상의 장치 또는 아티클이 사용될 수 있는 것을 즉시 알 수 있다. 유사하게, 여기에 하나 이상의 장치 또는 아티클이 서술되어 있으면, 하나 이상의 장치 또는 아티클 대신에 단일 장치 또는 아티클이 사용될 수 있는 것을 즉시 알 수 있다. 장치의 기능 또는 특징들은 그러한 기능 또는 특징들을 갖는 것으로 명백하게 설명되어 있지 않은 하나 이상의 다른 장치들로 대신해서 구체화될 수 있다.

[0040] 본 개시에서 사용되는 것같이, "컴퓨터-판독가능한 매체"는 컴퓨터에 의해 판독될 수 있는 데이터(예를 들면, 명령)를 제공하는 역할을 하는 임의의 매체를 의미한다. 이러한 매체는 비휘발성 매체, 휘발성 매체, 전송 매체를 포함하여 많은 형태를 취할 수 있다. 비휘발성 매체는 예를 들면 광 또는 자기 디스크 및 다른 지속성 메모리를 포함할 수 있다. 휘발성 매체는 DRAM(dynamic random access memory)을 포함할 수 있다. 전송 매체는, 프로세서에 접속된 시스템 버스를 포함하는 와이어를 포함하여, 동축 케이블, 구리선 및 광섬유를 포함할 수 있다. 전송 매체는 RF(radio frequency) 및 IR(infrared) 데이터 통신 동안 발생된 것같이, 음향파, 광파 및 전자기 방사를 포함 또는 전달할 수 있다. 컴퓨터-판독가능한 매체의 일반적인 형태는 예를 들면, 플로

피 디스크, 플렉서블 디스크, 하드 디스크, 자기 테이프, 임의의 다른 자기 매체, CD-ROM, DVD, 임의의 다른 광 매체, 펜치 카드, 종이 테이프, 구멍의 패턴을 갖는 임의의 다른 물리적 매체, RAM, PROM, EPROM, FLASH-EEPROM, 임의의 다른 메모리 칩, 또는 카트리지, 이후 설명되는 것같이 캐리어 과 또는 컴퓨터가 판독할 수 있는 임의의 다른 매체를 포함한다.

[0041] 다양한 형태의 컴퓨터 판독가능한 매체는 컴퓨터에 명령 시퀀스를 전달하는 것에 관련될 수 있다. 예를 들면, 명령 시퀀스는 (i) RAM으로부터 프로세서로 전달될 수 있고, (ii) 무선 전송 매체를 통해서 전달될 수 있고, (iii) 예를 들면 WiFi, WiMAX, IEEE802.11, DECT, OG, 1G, 2G, 3G, 또는 4G 셀룰러 표준, 블루투스 등을 포함하는 다양한 포맷, 표준 또는 프로토콜에 따라서 포맷될 수 있다.

[0042] 본 개시의 구성에 따르면, 일정한 속도를 유지하고, 동작의 깊이를 변화시킴으로써, 그 중에서도, 일반적으로 정격 속도 위의 속도에서 동력 생성을 떨어뜨리거나 또는 철회하는, 현재 실행되는 일정한 깊이, 가변 속도 방법과 비교하여, 용량 팩터에 급격한 증가를 제공하는 방법, 시스템 및 장치가 제공된다. 용량 팩터는 주어진 기간에 걸쳐서 유체 동력 장치에 의한 실제 에너지 출력이 유체 동력 장치에 의한 이론적으로 최대의 동력 출력으로 나누어진 것을 포함한다.

[0043] 유체 동력 장치는, 상류의 계류 케이블(또는 라인)에 테더링될 때, 유체 동력 장치에서 동작하는 드래그 힘의 크기에 직접 비례하는 전방 및 하방 힘 성분을 갖는다. 특히, 계류 케이블은 "드라우닝 힘(drowning force)"으로 불리는, 수직력 성분을 포함하는 텐션을 갖는다. 드라우닝 힘은 유체 동력 장치를 하방으로 끌어당기는 분명한 무게로서 표시된다. 유체 동력 장치의 실제 무게와 드라우닝 힘의 합은, 주어진 깊이와 자유 스트림 유속에 남아 있도록 유체 동력 장치의 유체역학의 리프트 힘과 상방으로 동작하는 부력의 합에 의해 균형이 맞춰져야 한다. 자유 스트림 유속이 증가하면서, 드라우닝 힘이 증가함으로써, 수직력이 균형이 다시 맞을 때까지 더 깊은 깊이에서 유체 동력 장치를 하방으로 끌어 당긴다. 자유 스트림 유속이 감소하면서, 드라우닝 힘이 감소함으로써, 수직력이 더 얇은 깊이까지 균형이 다시 맞을 때까지 유체 동력 장치를 상승시킨다. 유체 동력 장치가 깊이와, 논의되는 다른 팩터를 함께 변화시킬 때, 인터셉트(intercept) 각도로 불리는, 흐름 플로우 벡터(수평축)와 계류 케이블의 각도가 더 가파라지거나(더 커지거나) 또는 더 좁아지거나(더 적어지거나) 하면서, 드라우닝 힘은 수직력 균형을 바꾸고 유체 동력 장치는 규정된 속도가 발생하는 깊이("정격 속도 깊이")로 반드시 돌아갈 필요는 없다. 흐름 플로우 벡터는 일반적으로 물 표면(예를 들면, 해양 표면, 바다 표면, 강 표면 등)과 평행하다.

[0044] 본 개시의 구성에 따르면, 동력 발생기 동력 출력 및/또는 자유 스트림 유속의 변화에 따라서 더 넓은 동력 제어 프로세스(또는 프로토콜)의 일부로서 깊이 변화 프로세스(또는 프로토콜)을 사용함으로써 정격 자유 스트림 유속을 재획득하는 유체 동력 장치가 제공되므로, 유체 동력 장치는 연장된 기간 동안 정격 동력이 발생하는 깊이("정격 동력 깊이")에 유지된다. 정격 동력 깊이를 추적 및 재획득함으로써, 유체 동력 장치는 동력 생성을 증가시킬 수 있으므로 그 용량 팩터를 증가시킨다.

[0045] 본 개시의 또 다른 구성에 따르면, 규정된 부분 동력 출력을 의도적으로 생성하기 위해 예를 들면, 정격 속도보다 적은 자유 스트림 유속으로 유체 동력 장치를 동작시킬 수 있는 유체 동력 장치의 동작 방법이 제공된다. 이에 대해서, 가변 무게 이팩터, 가변 리프트 이팩터, 가변 드래그 이팩터, 및/또는 로터 블레이드 피치 각도 변화 이팩터를 포함할 수 있는 에너지 변환기 변화 이팩터가, 예를 들면 정격 동력 출력 또는 의도적으로 규정된 부분 동력 출력을 생성하기 위해 예를 들면 정격 속도보다 적은(또는 큰) 자유 스트림 유속에서 유체 동력 장치를 동작시키도록 제어될 수 있다. 다른 에너지 변환기 변화 이팩터는 예를 들면 에너지 변환기의 캡쳐 영역을 변화시켜서, 이용가능한 전기 에너지 또는 동력으로 변환시키기 위해 움직이는 유체로부터 더 많은(혹은 더 적은) 운동 에너지를 받아들이는 메카니즘을 포함할 수 있다. 에너지 변환기 캡쳐 영역에서의 변화는 가변 지름 로터(예를 들면, 가변 길이 로터 블레이드), 기계적인 조리개, 또는 더 많은(또는 더 적은) 유체 흐름을 에너지 변환기 등의 캡쳐 영역으로 우회시키기 위해 에너지 변환기의 상류에 위치되는 흐름 제한기를 또한 포함할 수 있다. 일반적으로, 에너지 변환기는, "오프" 상태(완전히 결합된)에 있는 것 또는 "온" 상태(완전히 결합된)에 있는 것을 포함하여, 변환기가 수류 플로우와 결합 또는 분리되는 정도를 변화시키는 메카니즘을 포함할 수 있다.

[0046] 또한, 규칙적으로(또는 불규칙적으로) 패터닝된 어레이에서 많은 유체 동력 장치로 구성된 해류 팜에서, 유체 동력 장치 각각을 구동하는 방법이 다양한 동작 이익을 위해서 유체 동력 장치의 전체 어레이로부터의 총 동력 출력을 제어, 조정 또는 최대화하기 위해 사용될 수 있다. 이에 대해서, 가변 무게 이팩터, 가변 리프트 이팩터, 가변 드래그 이팩터, 및/또는 로터 블레이드 피치 각도 변화 이팩터를 포함할 수 있는 에너지 변환기 변화

이펙터가, 예를 들면, 물(예를 들면, 정지된 플랫폼, 선박 등), 대지(예를 들면, 빌딩 구조물, 차량 등), 공중(예를 들면, 항공기, 위성 등)에 위치하는 THOR HQ 컨트롤러와 같이, 스테이션(비도시)에 의해 제어될 수 있다. 또한, 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터, 및/또는 로터 블레이드 피치 각도 변화 이펙터를 포함할 수 있는 에너지 변환기 변화 이펙터가, 각각의 유체 동력 장치에 설치된 온보드 메인 컨트롤러(비도시)에 의해 독자적으로 제어될 수 있거나, 또는 스테이션으로부터 수신된 커맨드 신호에 따라서 온보드 메인 컨트롤러에 의해 제어될 수 있다. 스테이션은 예를 들면 해양 팜 어레이, 바다 팜 어레이, 강 팜 어레이 등에 설치될 수 있는 하나 이상의 유체 동력 장치로부터 전기 에너지를 모으로 구성될 수 있다. 스테이션은 물 또는 대지에 위치될 수 있는 활용 그리드를 포함할 수 있다.

[0047] 본 개시에 관련된 일반적인 원리의 일부를 설명하기 위한 노력으로, 도 1a는, 주어진 범위의 유속과 비교하여 아트 피치 조절된 수평 축 로터 유체 동력 장치의 스테이트에 의한 동력 출력의 예를 도시하는 동력(MW) 대 유속(m/s) 쳐트를 나타낸다. 도시된 것같이, 자유 스트림 유속이 증가하면서, 정격 동력이 정격 속도에서 발생하는 포인트 "1"에 도달할 때까지, 장치에 의한 동력 출력은 속도의 큐브(cube)로 증가한다. 온보드 동력 발생기를 오버-토크하지 않고, 동력 발생기 및 동력 구동 트레인 메카니즘에 손상을 입힐 위험을 주지 않기 위한 노력으로, 아트 피치 조절된 수평축 로터 장치의 스테이트는 정격 속도 위의 속도에서 로터 블레이드의 피치 각도를 변화시키는 가변 피치 제어 로터 허브를 일반적으로 사용함으로써, 정격 동력(예를 들면, 포인트 "1"과 "2" 사이)에서 동력 발생기를 유지하도록 동력을 떨어뜨리거나 철회한다.

[0048] 도 1a로부터 알 수 있듯이, 정격 속도 아래의 임의의 속도는 유체 동력 장치가 그 최대 동력 출력 미만을 출력하는 결과를 가져 오고, 정격 속도 위의 임의의 속도는 예를 들면, 온보드 동력 발생기를 구동하는 복수의 로터 블레이드의 블레이드 피치 각도를 변화시키는 메카니즘과 같이 동력을 떨어뜨리는 메카니즘을 일반적으로 요구 한다.

[0049] 포인트 "1"에서 유체 동력 장치를 연속해서 동작시킴으로써 - 예를 들면, 도 1a의 정격 동력과 정격 속도에서 장치의 동작에 대응하여 - 최대 에너지 변환 및 최대 용량 팩터가 얻어질 수 있으며 연속적으로 끊임없이 유지될 수 있다. 본 개시에서 개시된 방법은, 예를 들면, 동작 깊이의 변화 그러므로 자유 스트림 유속의 변화를 가져 오는 깊이 변화 프로세스를 포함하는 동력 제어 프로세스를 이용하여 이 결과를 얻을 수 있으며, 정격 속도가, 장치가 배치되는 수직 물기둥의 어딘가에 존재할 때 연장된 기간 동안 정격 동력(또는 규정된 부분 동력 설정)으로 장치의 연속적인 동작을 용이하게 한다.

[0050] 본 개시의 방법은 예를 들면, 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에서 정격 동력에 도달하도록 에너지 변환기 캡쳐 영역과 정격 동력 발생기 동력 레벨을 정합시키고; 유체 동력 장치의 팜 어레이에서 내재하는 웨이크 손실의 효과를 감소시키고; 각각의 개별 유체 동력 장치의 전기 동력 발생기 출력을 감소시키는 경향이 있는 에너지 손실을 되찾고; 예를 들면, 더 느리게 유수를 가질 수 있는 것을 포함하여, 세계 대양의 흐름에서 에너지를 얻기 위해 사용될 수 있는 영역의 수를 증가시키는 것 등의 추가의 중요한 장점을 제공한다.

[0051] 예를 들면, 본 개시의 방법은, 수직 물기둥에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에서 정격 동력에 도달하도록 에너지 변환기 캡쳐 영역(예를 들면, 로터 스웨트 영역)과 정격 동력 발생기 동력 레벨을 정합시킬 수 있다. 따라서, 동력 발생기의 용량 팩터는 가장 빈번하게 발생하는 선택된 속도의 발생의 빈도의 함수일 수 있다. 이에 대해서, 유체 동력 장치는 예를 들면, 단일 자유 스트림 유속과 같은 단일 설계 상태로 설계될 수 있으므로 설계와 동작 요구 사항을 간단화시킨다.

[0052] 도 1b는 해양의 영역에서 깊이(m) 대 유속(m/s)의 예의 쳐트를 나타낸다. 쳐트는 다년간에 걸쳐서 일반적인 해양 흐름 움직임의 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)로부터 얻어진 자유 스트림 유속 데이터의 모음의 통계적인 표시이다. 상기 포인트를 또한 도시하기 위해, 평균 자유 스트림 유속이 깊이에 대해서 선형 관계로 단조로 감소하는 것으로 보여지며 - 이것은 이전에 "역 속도 시어"로 언급되었다. 도 1b는 시시때때로 변화할 수 있는 자유 스트림 유속의 표준 편차의 한계를 또한 나타낸다.

[0053] 도 1c는 전형적인 해류에 있어서 유속(m/s)에 대한 속도가 임의의 깊이에서 발생하는 시간의 비율(%)의 쳐트를 나타낸다. 도 1c에서, ADCP 자원 데이터는, 수직 물기둥에서 임의의 깊이에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 자유 스트림 유속에서 단일 최대를 나타낸다(단일 최대 속도로 칭한다). 도 1c에서 장치의 정격 속도를 단일 최대 속도에 대응하는 그 속도로서 선택함으로써, 로터 지름의 크기를 정하고 따라서 원하는 정격 동력 출력을 얻고, 본 개시의 깊이 변화 프로세스를 포함하는 동력 제어 프로세서를 사용하여, 유체 동력 장치는, 예를 들면 연장된 기간 동안 포인트 "1"에 의해 표시된 것같이, 정격 동력으로 동작할 수 있다.

[0054] 자유 스트림 유속이 때때로 변동하기 때문에, 정격 동력 깊이(또는 특정된 부분 동력 깊이)를 되찾기 위해 본 개시의 방법을 사용하는 장치에 의해 요구될 수 있는 상승(또는 하강)의 평균 속도를 계산하기 위해 이력 ADCP 데이터가 컴파일되어 사용될 수 있다. 예를 들면, 측정된 이력 데이터는, 예를 들면 대략 10 fpm(feet-per-minute) 미만의, 상승 또는 하강 레이트, 시간의 대략 98%가 정격 동력 깊이를 재획득하기 위해 요구될 수 있는 것을 나타낼 수 있다.

[0055] 또한, 본 개시의 방법은 유체 동력 장치의 팜 어레이에 내재하는 임의의 웨이크 손실의 효과를 감소시킬 수 있다. 웨이크 손실은 유체 동력 장치의 팜 어레이의 특정 배열에 내재할 수 있으며, 장치는 서로 충분히 가깝게 위치하므로, 하류 유체 동력 장치는 하류 장치의 에너지 변환기 캡쳐 영역에 영향을 주는 상류 장치에 뒤이어 감소된 유속 플로우를 가질 수 있다. 웨이크 손실의 효과는, 예를 들면, 약간 더 얕은(또는 더 깊은) 깊이에서 하류 유체 동력 장치를 작동시키고, 본 개시의 깊이 변화 프로세스를 갖는 동력 제어 프로세스를 사용하는 정격 동력을 생성하기 위해 정격 속도를 재설정함으로써, 감소되거나 또는 제거될 수 있다. 실0, 본 개시의 방법을 사용하여, 하류 유체 동력 장치는, 당연한 결과로서, 상류의 인접한 장치보다 약간 더 얕은 깊이에서 동작할 수 있다. 그래서 본 개시의 방법을 사용하는 유체 동력 장치의 어레이는, 중간 상류 로우의 장치보다 약간 더 얕은 깊이에서 각각 연속적인 하류 로우의 장치들을 갖는 계단상 깊이 외관을 가질 수 있다.

[0056] 또한, 본 개시의 방법은 예를 들면, 팜 어레이에서 각각의 개별 유체 동력 장치의 동력 발생기 출력을 감소시키는 경향이 있는 에너지 손실을 회복할 수 있다. 이에 대해서, 각각의 개별 유체 동력 장치의 동력 발생기 출력을 감소시키는 경향이 있는 에너지 손실은, 본 개시의 동력 제어 프로세스를 사용하여 정격 출력을 생성하기 위해 약간 더 얕은(더 깊은) 깊이와 약간 더 높은 자유 스트림 유속에서 각각의 유체 동력 장치를 간단히 동작시킴으로써 회복될 수 있다. 에너지 손실은, 예를 들면, 기계적 설계에 내재하는 동력 발생기 효율 손실, 유수의 운동에너지의 전기 에너지로의 변환 또는 약간 더 높은 자유 스트림 유속에서의 동작에 의해 만회할 수 있는 다른 이러한 에너지 손실을 포함할 수 있다.

[0057] 본 개시의 방법은, 예를 들면, 더 느린 유수를 가질 수 있는 영역을 포함하여, 세계의 해류에 유체 동력 장치의 어레이가 배치될 수 있는, 이용가능한 영역의 수를 또한 증가시킬 수 있다. 더 느린 유수를 가질 수 있는 영역을 포함하여, 더 많은 세계의 해류가 본 개시의 방법을 사용하여 큰 규모의 동력 생성을 실현할 수 있게 된다. 에너지 변환기 캡쳐 영역과 정격 동력 발생기 동력 출력 레벨 사이의 관계는 단일 최대 속도(예를 들면, 도 1c에서 포인트 4로 표시된 것같이)로 최적화될 수 있기 때문에, 새로운 유체 동력 장치가 더 큰 에너지 변환기 캡쳐 영역(더 큰 로터 지름)을 갖게 설계될 수 있어서, 더 높은 속도에서 동력 생성을 철회할 필요없이 상당히 더 느린 유수 흐름으로 정격 동력을 생성한다. 본 개시는, 동력 발생기의 정격 속도 이상의 자유 스트림 속도에 대처할 필요없이 유체 동력 장치 에너지 변환기(예를 들면, 로터) 및 정합되는 동력 발생기의 제어를 허용하기 때문에, 에너지 변환기에 연관된 더 큰 캡쳐 영역(예를 들면, 더 큰 로터 스크립트 영역 또는 더 큰 지름 등)이 사용되어, 동력 생성을 떨어뜨리거나 철회할 필요없이 또는 동력 트레인 메카니즘의 완전한 상태를 보존하기 위해 에너지 변환기(로터)를 "중지" 시킬 필요없이 더 느린 자유 스트림 유속으로 정격 동력에 도달할 수 있다.

[0058] 도 2a 및 도 2b는 유체 동력 장치(100)의 예의 각각의 사시도 및 측면도를 나타낸다. 유체 동력 장치(100)는 장치의 무게 중심("CG")의 위 및 상류에 있는 부력의 중심("CB")을 가질 수 있다. 유체 동력 장치(100)는 선체(101), 로터(109) 및 동력 발생기(비도시)를 포함한다. 유체 동력 장치(100)는 용골(105), 용골 실린더(111), 유체 동력 윙(106), 및 하니스(102)를 포함한다. 유체 동력 장치(100)는 컴퓨터(비도시)를 포함하는 온보드 메인 컨트롤러(비도시)를 더 포함한다. 온보드 메인 컨트롤러(예를 들면, "THOR 컨트롤러")는 송신기, 수신기, 또는 송수신기(비도시)를 포함할 수 있다. 유체 동력 장치(100)는 주위 상태, 예를 들면, 수온, 압력, 깊이, 오브젝트(예를 들면, 다른 유체 동력 장치, 포유류, 물고기, 선박 등과 같은)의 접근, 수류 플로우의 속도 및/ 또는 방향 등을 검출하는 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다. 또한, 로터(109)는 온보드 허브 컨트롤러(비도시)와 송수신기를 포함할 수 있다. 유체 동력 장치는 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터, 및/또는 예를 들면, 로터 블레이드 피치 각도 변화 이펙터와 같은 에너지 변환기 변화 이펙터를 포함할 수 있다.

[0059] 가변 무게 이펙터는, 유체 동력 장치(100)의 무게 중심의 위치뿐 아니라 무게를 조정하기 위해 교대로 물이 채워지거나 비워질 수 있는, 선체(101)에 위치하는 예를 들면, 하나 이상의 내부 밸러스트 탱크(비도시)를 포함할 수 있다. 선체(101)는 유체 동력 장치(100)용 부력의 메인 소스를 제공할 수 있다. 유체 동력 장치(100)는 자유 스트림 흐름 방향으로 유체 동력 장치(100)의 방향 정렬을 행하고 요잉을 촉진할 수 있는 가중된 벤트럴 용골(ventral keel)(105)을 더 포함할 수 있다. 용골(105)은 용골(105)의 말단에 실장된 용골 실린더(111)를 포

함할 수 있으며, 로터(109)에 의해 생성된 임의의 부정적인 토크에 대비하기 위해 용골(105)을 가중된 추로서 동작시키는 균형추를 포함할 수 있다.

[0060] 가변 리프트 이펙터는 조정가능한 입사각을 포함할 수 있는 예를 들면, 윙(106)을 포함할 수 있다. 윙(106)은 조정가능한 편향각을 갖는 트레일링(trailing) 에지 제어면 엘리베이터(비도시)를 포함할 수 있다. 조정가능한 입사각 및/또는 엘리베이터 편향각은 유체 동력 리프트를 증가시키거나 하향력을 생성하기 위해 변경될 수 있다.

[0061] 가변 드래그 이펙터는 예를 들면, 용골의 트레일링 에지 근방에 부착될 수 있는 스플릿 드래그 플랩(split drag flap)(112)을 포함할 수 있다. 드래그 이펙터는 드래그를 생성하기 위해 배치될 수 있다. 스플릿 드래그 플랩의 경우에, 플랩은 드래그를 생성하기 위해 흐름 플로우에 대해 큰 앞측 면적을 제공하기 위해 실질적으로 동시에 외부로 편향될 수 있고, 드래그를 감소시키기 위해 앞측 면적을 감소시키기 위해 내부로 수축될 수 있다.

[0062] 에너지 변환기 변화 이펙터는 복수의 로터 블레이드(107)에 로터 블레이드 피치각 변화를 유발하기 위해 온보드 동력 발생기(비도시)에 결합된 예를 들면, 하류 수평 축 가변 피치 제어 로터 허브(108)를 포함할 수 있으며, 로터(109)를, 동작 상태(예를 들면, 도 2a에 도시된 것같이)에서 흐름 플로우와 결합되거나 또는 비동작 완전히 폐더링된 상태(예를 들면, 도 4에서 상태 A 또는 상태 B로 도시된 것같이)에서 흐름 플로우로부터 분리되게 한다. 다른 에너지 변환기 변화 이펙터는 예를 들면, 에너지 변환기의 캡처 영역을 변화시키기 위한 메카니즘을 포함할 수 있으므로, 이동 유체로부터의 많은(혹은 적은) 운동 에너지를 수용하여 이용가능한 에너지 또는 동력으로 변환한다. 에너지 변환기 캡처 영역의 변화는 가변 지름 로터(예를 들면, 가변 길이 로터 블레이드), 기계 아이리스, 또는 에너지 변환기 등의 캡처 영역으로 많은(혹은 적은) 유체 플로우를 우회시키는 에너지 변환기의 상류에 위치된 플로우 제한기를 포함할 수 있다. 에너지 변환기는, 예를 들면, 변환기의 전체 캡처 영역을 폐쇄함으로써 플로우의 모든 인시던트 운동 에너지를 거절함으로써 플로우로부터 분리 또는 캡처 영역의 임의의 이전의 인액티브 영역을 개방하는 것에 의한 플로우와의 결합을 포함할 수 있는 유체 플로우와의 결합 또는 분리의 메카니즘을 더 포함할 수 있다.

[0063] 하니스(102)는, 예를 들면, 닻(104)에 고정된, 부착된 계류 케이블(103)에 의해 저지되면서, 유체 동력 장치(100)가 피칭과 요잉 모두에 자유롭게 피봇하는 것을 허용하는 예를 들면 범용 조인트 계류 하니스를 포함할 수 있다. 한 쌍의 직교하는 기준 선(110)은 흐름 플로우 방향 C에 대해서 한 쌍의 닻(104)에 대한 배치 위치의 예를 도시한다.

[0064] 도 2b는 수직 운동(120)의 자유도와 계류 라인 인터셉트 각(121)의 예를 나타낸다. 계류 라인 인터셉트각(121)은 유체 동력 장치(100)의 동작의 깊이에 따라 변하므로, 각각의 깊이에서 드라우닝 힘의 크기를 변화시킨다.

[0065] 유체 동력 장치(100)는 패터닝된 배치 어레이 또는 팜 어레이에 배치되도록 구성된다. 주어진 팜 어레이에 배열된 이웃하는 유체 동력 장치(100)는 닻(104)을 공유할 수 있다. 각각의 온보드 발생기(비도시)에 의해 생성되는 전기는 예를 들면 인접하는 유체 동력 장치(100) 또는 물 또는 대지에 위치하는 하나 이상의 스테이션(비도시)으로 라우팅되어, 예를 들면 물 또는 대지에 위치할 수 있는 유털러티 그리드에 전기를 송신하기 전에 각각의 유체 동력 장치(100)로부터 전기 에너지를 모은다. 전기는, 예를 들면, 계류 케이블(103)에 부착될 수 있는 전기 케이블(비도시)을 통해서 전달될 수 있고, 인접하는 장치(100) 또는 하나 이상의 스테이션으로 라우팅될 수 있다.

[0066] 유체 동력 장치(100)는, 예컨대 본 출원과 동일자로 출원되고 PITCH, ROLL AND DRAG STABILIZATION OF A TETHERED HYDROKINETIC DEVICE라는 명칭을 갖는, 캐비테이션 계류중인 미국 특허출원 일련번호 제_____호(대리인 관리번호 제 2056997-5004US)에 기재된 유체 동력 장치와 유체 동력 장치를 작동하는 방법을 포함할 수 있고, 이 특허출원의 전체 개시는, 모든 용도로 충분히 여기에 기재된 것처럼 여기서 인용된다.

[0067] 유체 동력 장치(100)는, 예컨대 본 출원과 동일자로 출원되고 VARIABLE CONTROL ROTOR HUB WITH SELF CONTAINED ENERGY STORAGE RESERVOIR라는 명칭을 갖는 캐비테이션 계류중인 미국 특허출원 일련번호 제_____호(대리인 관리번호 제 2056997-5005US)에 기재된 것과 같은 로터와 로터를 동작시키는 방법을 포함할 수 있으며, 이 특허출원의 전체 개시는, 모든 용도로 충분히 여기에 기재된 것처럼 여기서 인용된다.

[0068] 유체 동력 장치(100)는, 예컨대 본 출원과 동일자로 출원되고 MOORING SYSTEM FOR A TETHERED HYDROKINETIC DEVICE라는 명칭을 갖는, 캐비테이션 계류중인 미국 특허출원 일련번호 제_____호(대리인 관리번호 제 2056997-5006US)에 기재된 계류 시스템과 같은 계류 시스템에 의해 수중에서 보관될 수 있고, 이 특허출원의 전체 개시는, 모든 용도로 충분히 여기에 기재된 것처럼 여기서 인용된다.

- [0069] 본 개시의 방법을 실행하기 위해 무게, 리프트 및 드래그를 바꾸는 메카니즘의 상기 서술된 예에 추가하여(또는 대신하여), 유체 동력 장치(100)는, 본 분야에서 통상적인 기술을 갖는 자에 의해 알려진 것같이, 유체 동력 장치(100)는 무게, 리프트 및 드래그의 변화를 유발하는 다른 메카니즘이 구비될 수 있다. 또한, 에너지 변환기는 가변 피치 제어 로터 허브, 또는 유체 플로우와 결합 및 분리시키는 수단을 가질 수 있는, 움직이는 유체의 운동 에너지를 이용가능한 전력으로 변환할 수 있는 다른 에너지 변환 장치일 수 있다.
- [0070] 방향 C로 흐르는 자유 스트림 흐름의 동작에서, 유체 동력 장치(100)는 연장된 기간 동안 정격 동력 깊이를 유지하기 위해 본 개시의 방법을 실행하도록 무게, 리프트 및 드래그를 변화시키기 위해 이전에 서술된 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 에너지 변환기 변화 이펙터를 이용할 수 있다. 이전에 서술한 것같이, 에너지 변환기 변화 이펙터는 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터를 포함할 수 있다. 유체 동력 장치(100)의 정격 동력 깊이는 자유 스트림 흐름 상태가 변화하거나 또는 온도 및/또는 염분으로 물 농도가 변화하면서 때때로 변화할 수 있다. 유체 동력 장치(100)는 도 7을 참조하여, 서술된 것같이, 깊이 변화 프로세스를 포함하는, 동력 제어 프로세스를 사용하여 정격 동력 깊이를 추적 및 재획득하도록 구성될 수 있다. 온보드 메인 컨트롤러(예를 들면, THOR 컨트롤러)는 유체 동력 장치(100)의 무게, 리프트 및/또는 드래그의 크기를 제어함으로서 동작이 발생하는 깊이에 대한 액티브한 제어 권한을 사용하기 위해 깊이 변화 프로세스를 포함하는, 동력 제어 프로세스를 사용한다.
- [0071] 도 2c는 유체 동력 장치(100)를 소정의 동력 출력 레벨에 유지하기 위해, 예를 들면, 온보드 메인 컨트롤러, 또 다른 유체 동력 장치의 온보드 메인 컨트롤러, 또는 스테이션에 위치한 컴퓨터(예를 들면, "THOR HQ" 컨트롤러)에 의해 실행될 수 있는 동력 제어 프로세스(350)의 예를 도시한다. 처음에, 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨이 특정 유체 동력 장치(100)에 대해서 설정된다(단계 352). 온보드 동력 발생기(비도시)에 의한 동력 출력은 감시되어 동력 발생기의 실시간(또는 가중된 평균) 동력 출력 레벨을 연속적으로(또는 간헐적으로) 검출한다(단계 354). 검출된 동력 출력 레벨이 목표의 동력 출력 레벨보다 큰지, 적은지 또는 같은지가 판정된다(단계 356).
- [0072] 또는, 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨 범위가 설정될 수 있고(단계 352), 검출된 실시간 동력 출력 레벨(단계 354)이 목표 동력 출력 레벨 범위와 비교되어, 검출된 동력 출력 레벨이 목표의 동력 출력 레벨보다 큰지, 적은지 또는 같은지를 판정한다(단계 356).
- [0073] 실시간 동력 출력 레벨이 목표 동력 출력 레벨(또는 범위)과 같지 않다고 판정되면(단계 356에서 NO), 깊이 변화 프로세스가 작동되어 유체 동력 장치(100)를 목표 동력 발생기 동력 출력 레벨에 유지할 수 있고(단계 358), 그렇지 않으면 실시간 동력 출력 레벨의 감시가 계속된다(단계 356에서 YES이면, 단계 352).
- [0074] 도 2d는 유체 동력 장치(100)를 소정의 동력 출력 레벨에 유지하기 위해, 예를 들면, 온보드 메인 컨트롤러, 또 다른 유체 동력 장치의 온보드 메인 컨트롤러, 또는 스테이션에 위치한 컴퓨터(예를 들면, THOR 컨트롤러)에 의해 실행될 수 있는 또 다른 동력 제어 프로세스(360)의 예를 도시한다. 처음에, 목표 자유 스트림 유속이, 유체 동력 장치(100)가 배치되는(또는 배치된) 특정 영역에 대해 설정된다(단계 362). 자유 스트림 유속이 감시되어 유체 동력 장치(100)에 의해 주어진 실질적으로 실시간(또는 가중된 평균) 자유 스트림 유속을 연속적으로(또는 간헐적으로) 검출한다(단계 364). 검출된 실시간 자유 스트림 유속이 목표의 자유 스트림 유속보다 큰지, 적은지 또는 같은지가 판정된다(단계 366).
- [0075] 또는, 목표 자유 스트림 유속이 설정될 수 있고(단계 362), 검출된 실시간(또는 가중된 평균) 자유 스트림 유속(단계 364)이 목표 자유 스트림 유속과 비교되어, 검출된 자유 스트림 유속이 목표의 자유 스트림 유속보다 큰지, 적은지 또는 같은지를 판정한다(단계 366).
- [0076] 실시간 자유 스트림 유속이 목표 자유 스트림 유속(또는 범위)과 같지 않다고 판정되면(단계 366에서 NO), 깊이 변화 프로세스가 작동되어 유체 동력 장치(100)를 목표 자유 스트림 유속에 유지할 수 있고(단계 368), 그렇지 않으면 실시간 자유 스트림 유속의 감시가 계속된다(단계 366에서 YES이면, 단계 362).
- [0077] 예를 들면, 다이브, 상승, 아이들 및 로터 결합 및 로터 분리 천이 프로세스(또는 프로토콜)를 포함하여, 유체 동력 장치(100)의 동작에 영향을 주기 위해 THOR 컨트롤러에 의해 다른 방법이 사용될 수 있다. 이들 방법이 깊이 변화 프로세스를 갖는 동력 제어 프로세스에 추가된다. 동작 이점을 제공하기 위해 이들 다른 방법이 사용될 수 있으며, 이것은 여기에 제공되는 설명으로부터 본 분야에서 숙련된 기술을 갖는 자들에게 분명한 것이다.
- [0078] 상기 설명한 것같이, 유체 동력 장치(100)는, 상류 계류 케이블(또는 라인)(103)에 태더링될 때, 전방 및 하방

의 힘 구성 성분을 모두 갖는다. 다음 식 [1]은 수직력 트림(trim)에 대한 관계의 예를 제공한다. 특히, 식 [1]은 수직 물기둥의 특정 위치에 장치(100)를 유지하기 위해 균형되어져야 하는 유체 동력 장치(100)에서 동작하는 다양한 힘들 사이의 관계의 예를 제공한다.:

[0079] [수학식 1]

$$B + L = W + (\frac{1}{2} \rho V^2) (C_T) (A_{\text{rotor}}) (\tan(a))$$

[0080] [수학식 2]

[0081] 다음 식[2]는 에너지(또는 힘) 생성 및 이동 유체 사이의 관계를 표현한다.

$$P = (\frac{1}{2} \rho V^3) (C_p) (A_{\text{rotor}})$$

[0082] 여기서,

[0083] B = 부력이 있는 리프트 힘

[0084] L = 유체역학 리프트 힘

[0085] W = 유체 동력 장치의 무게

[0086] ρ = 해수 농도

[0087] V = 자유 스트림 흐름 속도

[0088] C_T = 로터 그래그 계수

[0089] C_p = 로터 동력 계수

[0090] A_{rotor} = 로터의 스웨트 영역

[0091] $\tan(a)$ = 계류 라인 인터셉트각의 탄젠트

[0092] P = 동력 출력

[0093] 식 [1]로부터 분명한 것같이, 유체 동력 장치(100)가, 유체의 이동에 의해 생성될 수 있는 부력("B") 및 윙에 의해 생성될 수 있는 리프트("L")에 의해 수직 물기둥에서 상방으로 들어 올려지고, 그 무게("W")의 합에 의해 하방으로 당겨지기 때문에 유체 동력 장치(100)에 대한 간단한 수직력 균형이 얻어질 수 있으며, 도시를 위해서 드라우닝 힘이 구성 항으로 전개되며, 드라우닝 힘은 드라우닝 힘에 동작 로터가 사용되는 것만을 포함한다.

[0094] 식[1]을 관찰함으로써, 주어진 자유 스트림 유속("원래 속도"), 해수 밀도와 계류 라인 인터셉트 각에 대해서, 다른 변수를 상수로 취하고, 무게와 유체 동력 리프트를 조정함으로써, 유체 동력 장치(100)가 원래 속도에서 일정한 깊이에서 수직력 균형으로 남아있을 수 있는 것이 분명하다. 그러면, 자유 스트림 유속의 증가는 식 [1]의 우측 편의 드라우닝 힘이 증가하게 할 수 있고, 유체 동력 장치(100)는 하강하고 드라우닝 힘에 의해 하방으로 더 당겨지고 식[1]의 좌측과 우측이 서로 일치하는 새로운 깊이에 정착된다. 그러나, 계류 라인 인터셉트 각이 다른 팩터들 사이에서 감소하기 때문에, 자유 스트림 흐름은 원래의 깊이에서 이전에 갖던 것보다 새로운 깊이에서 더 높은 속도를 가질 수 있다. 계류 라인 인터셉트각에서 이러한 감소는, 예를 들면, 대략 100 미터의 깊이 변화가 대략 350 미터의 전체 깊이에서 발생할 수 있는 것으로 상당히 주어질 수 있다. 그래서, 유체 동력 장치(100)를 원래의 자유 스트림 유속으로 되돌리기 위해서, 유체 동력 장치(100)의 무게를 증가시키고 유체 동력 하향력을 포함하여 리프트를 필요한 만큼 감소시키는 것이 필요할 수 있으므로, 유체 동력 장치(100)는 원래의 자유 스트림 유속을 재획득하고 더 깊은 깊이에서 수직 운동을 중지시키기 위해 하강할 수 있다.

[0095] 역으로, 원래의 속도로부터 자유 스트림 유속의 감소를 위해 유사한 시리즈의 경우가 발생할 수 있지만, 유체 동력 장치(100)는 대신에 상승할 것이다. 그래서, 유체 동력 장치(100)를 원래의 속도로 되돌리기 위해, 유체 동력 장치(100)의 무게를 감소시키고 유체 동력 장치(100)의 리프트를 증가시키는 것이 필요할 수 있으므로, 원래의 속도를 재획득하고 더 얕은 깊이에서 수직 운동을 중지시키기 위해 유체 동력 장치(100)는 더 상승할 수 있다. 유체 동력 장치(100)의 제어를 위해 동력 발생기 동력 출력 레벨이 가장 바람직한 파라미터일 수 있기 때문에, 동력 출력 레벨이 예를 들면, 해수 밀도뿐 아니라, 자유 스트림 유속에 직접 비례하고, 정격 속도 깊이

보다 정격 동력 깊이를 재획득하기 위해 깊이를 조정하는 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0098] 또한, 식[2]는 수평 축 유형 로터로부터 에너지 생성과 이동 유체 사이의 관계를 표현한다. 이전에 설명한 것 같이, 정격 속도보다 적은 자유 스트림 유속은 유체 동력 장치(100)가 정격 동력 출력보다 적게 출력하게 할 수 있다. 역 속도 시어(shear) 프로파일과 함께, 이전에 논의된 것같이, 정격 속도 미만의 자유 스트림 유속이 정격 동력 깊이보다 더 깊은 깊이에서 발생한다. 그러므로, 정격 동력 깊이보다 더 깊은 깊이에서 액티브 깊이 제어는 동력 조절 및 동력 출력 제어, 본 개시의 또 다른 중요한 구성을 제공할 수 있다.

[0099] 도 3a ~ 도 3c는 본 개시의 원리에 따른, 테더링된 유체 동력 장치(100)의 동작의 각종 예를 나타낸다. 특히, 도 3a는 평균 속도로 움직이는 해류에서 정격 속도로 동작하는 테더링된 유체 동력 장치(100)의 예를 나타내고, 도 3b는 평균 속도보다 더 큰 속도로 움직이는 해류에서 정격 속도로 동작하는 테더링된 유체 동력 장치(100)의 예를 나타내고, 도 3c는 평균 속도보다 더 느린 속도로 움직이는 해류에서 정격 속도로 동작하는 테더링된 유체 동력 장치(100)의 예를 나타낸다.

[0100] 도 3a를 참조하면, 유체 동력 장치(100)가 상류 계류 케이블에 부착되고, 평균 속도 역 속력 시어 프리 스트림 흐름 상태(305)에서 동작한다. 이 경우에, 유체 동력 장치(100)는 정격 속도(301)가 발생하는 위치(300)에서, 예를 들면, 도 3a에 나타낸 것같이 대략 100 미터, 그 정격 동력으로 동작한다. 상류 계류 케이블(또는 라인)은 흐름 플로우 벡터(C)(또는 수평 축)의 수평 구성요소와 인터셉트각(302)을 형성한다. 도 3a에 도시된 예에서, 유체 동력 장치(100)는 균형된 수직력으로 수직 면에 정지되어 있다.

[0101] 도 3b를 참조하면, 자유 스트림 유속이 더 빠른 상태으로 증가하면서, 유체 동력 장치(100)는 대략 125 미터의 깊이에서 위치(314)로 수동적으로 하강함으로써 인터셉트각(302)이 새로운 각도(312)로 감소하게 하고, 드라우닝 힘으로 표현되는 분명한 무게를 줄인다. 정격 속도 및/또는 대략 150 미터의 깊이에서 생기는, 화살표(311)로 표현되는 정격 동력 깊이를 재획득하기 위해, 유체 동력 장치(100)는 동작 깊이를 조정하고, 밸러스트를 취하고 및/또는 왕에 가해지는 하향력을 증가시키고, 왕에 의해 실행되는 리프트의 양을 감소시키고, 정격 속도(311)가 발생하는 위치(310)에서 추가 25 미터 하강시키는 것이 필요하다.

[0102] 동력 발생기 출력 동력이 일차 제어 변수이고, 수온과 염도 때문에, 이전에 서술된 다른 이유들과 함께, 깊이 변화 조정 동안 물 밀도가 변화할 수 있으므로, 동력 제어 프로세스의 실행에서 일차 피드백 변수로서 동력 발생기 동력 출력을 사용하는 것이 바람직하다. 유체 동력 장치(100)에 의한, 정격 동력 출력 또는 정격 동력 출력 미만의 의도적인 부분 동력 출력을 재획득하는 프로세스가 예를 들면 동력 제어 프로세스(350)를 사용하여 실행될 수 있다(도 2c에 도시).

[0103] 또는, 자유 스트림 유속은 동력 제어 프로세스의 실행에서 일차 또는 이차 피드백 변수일 수 있다. 이에 대해서, 유체 동력 장치(100)의 정격 동력 출력 또는 의도적인 부분 동력 출력을 재획득하는 처리가 동력 제어 프로세스(360)를 사용하여 실행될 수 있다(도 2d에 도시). 목표 자유 스트림 유속은 정격 속도 또는 의도적인 부분 동력 출력에 대해서 정격 속도 미만의 목표 자유 스트림 유속일 수 있다. 깊이 변화 알고리즘을 갖는 동력 제어 프로세스에서 피드백 변수로서 속도와 동력 모두의 조합을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0104] 도 3c를 참조하면, 역으로, 자유 스트림 유속이 더 느린 상태로 감소하면서, 유체 동력 장치(100)는 대략 75 미터의 깊이에서 위치(324)로 수동적으로 상승함으로써 인터셉트각(302)이 새로운 각도(322)로 증가하게 하고, 드라우닝 힘으로 표현되는 분명한 무게를 증가시킨다. 정격 속도 깊이 및/또는 대략 50 미터의 깊이에서 현재 생기는, 화살표(321)로 표현되는 정격 동력 깊이를 재획득하기 위해, 유체 동력 장치(100)는 동작 깊이를 조정하고, 예를 들면, 밸러스트를 오프로드하고 및/또는 왕에 가해지는 리프트를 증가시키고, 왕에 의해 실행되는 하향력의 양을 감소시키고, 정격 속도(321)가 발생하는 위치(320)에서 추가 25 미터 상승시키는 것이 필요하다.

[0105] 동력 발생기 출력 동력이 일차 제어 변수이고, 수온 또는 염도 때문에, 이전에 서술된 다른 이유들과 함께, 깊이 변화 조정 동안 물 밀도가 변화할 수 있으므로, 동력 제어 프로세스의 실행에서 일차 피드백 변수로서 동력 발생기 동력 출력을 사용하는 것이 바람직하다. 유체 동력 장치(100)에 의한, 정격 동력 출력 또는 의도적인 부분 동력 출력을 재획득하는 프로세스가 동력 제어 프로세스(350)를 사용하여 실행될 수 있다(도 2c에 도시).

[0106] 또는, 자유 스트림 유속은 동력 제어 프로세스의 실행에서 일차 또는 이차 피드백 변수일 수 있다. 이에 대해서, 유체 동력 장치(100)의 정격 동력 출력 또는 의도적인 부분 동력 출력을 재획득하는 처리가 동력 제어 프로세스(360)를 사용하여 실행될 수 있다(도 2d에 도시). 목표 자유 스트림 유속은 정격 속도 또는 의도적인 부분 동력 출력에 대해서 정격 속도 미만의 목표 자유 스트림 유속일 수 있다. 깊이 변화 알고리즘으로 동력 제어 프로세스에서 피드백 변수로서 속도와 동력 모두의 조합을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0107]

도 4는 본 개시의 원리에 따른, 페더링된 유체 동력 장치(100)의 동작의 결합된 그래픽 서머리의 예를 나타낸다. 특히, 도 4는 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 역 속도 시어 프로파일 프리 스트림 흐름 상태(431), 및 유체 동력 장치(100)의 동작의 다양한 상태(예를 들면 상태 A, B, C) 뿐 아니라, 각 상태 사이의 천이 방법을 나타낸다. 일반적으로, 유체 동력 장치(100)와 관련된 THOR 컨트롤러는, 각각의 상태에서 유체 동력 장치(100)의 위치뿐 아니라 상태 사이의 유체 동력 장치(100)의 천이에 대해서 앞서 기재한 것같이 무게, 리프트 및 드래그의 변화에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 에너지 변환기가 플로우와 결합되는, 예를 들면, 로터(109)가, 허브(108)가 회전하고 있는 동작 상태에 피칭되는 로터 블레이드와 결합된 위치에 있는 언제든지, 드래그 플랩(112)은 낮은 드래그 또는 드래그없는 상태로 완전히 후퇴될 수 있고, 에너지 변환기가 플로우와 분리되는, 예를 들면, 로터(109)가, 허브(108) 회전이 정지되고, 완전히 페더링된 상태에 피칭되는 로터 블레이드와 비동작적으로 분리된 위치에 있는 언제든지, 드래그 플랩(112)은 높지 않은 드래그 상태에 대해서 부분적으로 배치될 수 있고, 높은 드래그 상태에 대해서 완전히 배치될 수 있다.

[0108]

상태 A에서, 유체 동력 장치(100)는 밸러스트 탱크가 낮게 채워진, 낮은 무게 상태(401)의 세미-서브머지된 상태(400)에 있고, 윙(106)이 실질적으로 0 입사 위치(402)에서 물 표면 위에 있다. 드래그 플랩(112)은 상태(403)에 부분적으로 배치되고, 로터(109)는 흐름 플로우와 분리되어 비동작 상태(404)에 유지된다. 이 상태 A에서, 유체 동력 장치(100)는 표면 베셀로부터 서비스될 수 있거나 매우 낮은 속도 흐름 경우에서 아이들한 상태일 수 있다. 충돌 위험, 위치에서 급속한 서지 포워드, 예를 들면, 해양 흐름 팜 어레이에서, 인접하는 유체 동력 장치와의 케이블 얹힘 위험을 피하기 위해, 계류 케이블에 텐션을 가하기 위해 드래그 플랩(112)이 상태(403)에 부분적으로 배치될 수 있다. 그러나, 드래그 플랩(112)은, 유체 동력 장치(100)를 수면 아래로 하강시킬 수 있는 높은 드래그 상태에 배치되어서는 안 된다.

[0109]

상태 A로부터 상태 B로 이동시키기 위해서, 다이브 프로세스(또는 프로토콜)(900)(도 9에 도시)가 작동되고, 드래그 플랩(112)이 예를 들면, 완전히 배치된 위치(413)에 배치되어 드라우닝 힘을 증가시키고, 표면 아래의 유체 동력 장치(100)를 위치(410)로 당길 수 있다. 밸러스트 탱크는 물로 채움 상태(411)로 채울 수 있고, 윙(106)은 표면 아래로 네가티브 입사각을 갖는 위치(412)로 편향(또는 조정)될 수 있음으로써, 추가 하향력을 생성하고, 로터(109)가 분리 상태(414)에 남아 있는 동안 유체 동력 장치(100)에 의해 또 다른 하강을 일으킨다. 로터가 흐름 플로우로부터 분리되어 있는 동안, 윙(106)에 의해 생성된 하향력의 합, 밸러스트 탱크에 의해 츄해진 추가 웨이트, 배치된 드래그 플랩(112)로부터의 더 높은 드래그 힘의 존재에 의해 생성된 드라우닝 힘의 증가로 인해서 유체 동력 장치(100)가 더 하강하게 된다. 다이브는 상태 B에 또는 정격 속도(430)가 발생하는 깊이 약간 위에 성공적으로 이르게 된다.

[0110]

상태 B로부터 상태 C로 이동시키기 위해서, 로터(에너지 변환기) 결합 천이 프로세스(또는 프로토콜)(1100)(도 11에 도시)가 작동된다. 로터 결합 천이 프로세스에서, 로터(109)는 분리된 상태(414)로부터 결합된 상태(424)로 천이되며, 로터 블레이드가 동작 피치 각에 접근하면서 드래그를 크게 증가시키므로 드라우닝 힘은 점차 증가된다. 드래그 및 드라우닝 힘이 증가되고 로터(109)가 동작(424)에 들어가면서, 드래그 플랩(112)은 0 드래그 상태(423)로 점차 후퇴되고, 윙(106)은 비 로드 상태(422)로 점차 기울어질 수 있고, 밸러스트 탱크로부터의 밸러스트는, 로터 결합 천이 프로세스가 일정 깊이 또는 일정 자유 스트림 유속(모두는 수직력의 심리스 네트 섬 제로 천이를 요구한다)에서 발생하는 레이트로 상태(421)에 오프로드될 수 있다. 흐름 플로우와 완전히 결합된 블레이드로 로터(109)가 회전하고 드래그 플랩(112)이 완전히 후퇴할 때 로터 결합 천이 프로세스가 완료된다. 새롭게 얻어진 위치(420)에서, 유체 동력 장치(100)는 정격 동력에서 또는 그 근방에서의 출력을 갖는 상태 C에서 동작하며 동력을 생성할 수 있다.

[0111]

상태 C에서, 깊이 변화 프로세스를 포함하는, 동력 제어 프로세스(350)(도 2C에 도시 또는 도 2D에 360으로 도시 또는 도 8에 800으로 도시)가 작동될 수 있으며, 유체 동력 장치(100)는 변화하는 자유 스트림 흐름 상태에 따라서 윙과 밸러스트 탱크를 이용하여 그 동작 깊이를 조정할 수 있으며, 정격 동력 깊이를 연속적으로 추적하여 재획득한다. 로터(109)가 동작 상태에 남아 있는 동안 드래그 인듀서(inducer)(112)는 완전히 후퇴된 상태(423)에 유지될 수 있다.

[0112]

또는, 예를 들면, 해양 팜 어레이에서, 동력 조절 팩터가 해양 팜 어레이내의 각각의 유체 동력 장치(100)에 할당될 수 있으며, 동력 조절 팩터는 각각의 유체 동력 장치(100)에 의한 정격 동력 출력의 비율을 나타낸다. 이렇게 할당되면, 동력 조절 팩터는 대략 100%보다 작고, 유체 동력 장치(100)는 특정된 부분 동력 설정이 동력 발생기에 의해 얻어지는 깊이("특정된 부분 동력 깊이")를 추적 및 재획득할 수 있다. 할당된 동력 조절 팩터를 사용하는 의도적인 부분 동력 동작은 전체 해양 흐름 팜 어레이 또는 팜 어레이의 모든 유체 동력 장치(100)

0)보다 적은 것으로부터 동력 제어 및/또는 조절을 제공할 수 있다.

[0113] 동력 제어 프로세스 동안의 동작은, 예를 들면, 최대 구조 크러싱 깊이 아래의 깊이까지 유체 동력 장치(100)를 강제로 움직이는 경향이 있는 매우 빠른 속도 흐름 경우 또는, 예를 들면 로터 블레이드 팁이 과도하게 캐비태이션을 만들거나 심지어 뚫거나 및 수면 위로 연장하게 할 수 있는 얕은 깊이까지 유체 동력 장치(100)를 가져오는 경향이 있는 매우 느린 속도 흐름 경우 동안에 비의도적으로 종료될 수 있다. 이렇게 매우 빠르거나 또는 매우 느린 속도 흐름 경우에 의해 비의도적으로 종료되면, 로터 분리 천이 프로세스 뒤에, 표면, 또는 아이들로 남아 있을 수 있는 중간 깊이까지 상승시키기 위해. 유체 동력 장치(100)는 상승 프로세스(또는 프로토콜)(1000)(도 10에 도시) 또는 아이들 프로세스(또는 프로토콜)(1300)(도 13에 도시)를 작동시킨다. 프로세스(또는 프로토콜) 동안, 유체 동력 장치(100)는 ADCP(acoustic Doppler current profiler) 쿼리 프로세스를 사용하여 정격 속도의 복귀를 위해 수직 물기등을 탐색한다. 어떠한 경우에도, 유체 동력 장치(100)는 다이빙, 연결, 또는 동력 제어 프로세스를 이용하는 또 다른 동작 전에 이례적인 환경 경우의 통과를 기다릴 수 있다.

[0114] 상태 C로부터 상태 B로 이동시키기 위해서, 로터(에너지 변환기) 분리 천이 프로세스(또는 프로토콜)(1200)(도 12에 도시)가 로터 결합 천이 프로세스의 역의 방식으로, 유사하게 작동된다. 로터 분리 천이 프로세스에서, 로터(109)는 결합된 동작 상태(424)로부터 분리된 비동작 상태(414)로 천이되며, 이것은 로터 블레이드 페치각이 비동작 완전히 테더링된 상태에 접근하면서 드래그를 크게 감소시킬수 있으므로, 드래그 힘과 드라우닝 힘이 점차 중지될 수 있다. 로터(109)가 흐름 풀로우로부터 분리되고, 드래그와 드라우닝 힘이 감소되고, 드래그 플랩(112)은 완전히 후퇴된 상태(423)로부터 높은 드래그 상태(413)로 연장되며, 점차 배치될 수 있다. 또한, 윙(106)은 하향력을 생성하기 위해 비로드 상태(422)으로부터 네가티브 입사각 상태(412)로 점차 기울어질 수 있다. 더욱이 또, 밸러스트 탱크의 밸러스트는, 로터 분리 천이 프로세스가 일정한 깊이 또는 일정한 자유 스트림 유속으로 발생하는 레이트로, 부분 충전 상태(421)로부터 충전 상태(411)로 증가될 수 있으며, 모두 수직력의 심리스 네트 섬 제로 천이를 요구한다. 블레이드가 비동작 상태(414)에서 완전히 페더링되며 로터(109)가 정지될 때 로터 분리 천이 프로세스가 완료될 수 있으며, 드래그 플랩(112)은 높은 드래그 상태(413)으로 배치된다. 유체 동력 장치(100)는 동력 생성이 되지 않으면 아이들로 남아 있고, 예를 들면, 밸러스트 탱크, 윙(106) 및 드래그 플랩(112)에 의해 각각 실행되는 무게, 리프트 및 드래그 이펙터의 제어 권한에 의해 위치(410)에 유지된다.

[0115] 상태 B에 유지되기 위해, 아이들 프로세스(또는 프로토콜)가 작동되어 실행된다. 아이들 프로세스에서, 유체 동력 장치(100)는, 로터(109)가 분리 상태(414)에 있으며, 동력 발생기로부터 동력 생성이 되지 않고, 상기 서술된 무게, 리프트 및 드래그 이펙터의 제어 권한하에서, 특정된 자유 스트림 유속에 대응하는 가변 깊이 또는 특정 깊이(410)에 유지될 수 있다. 아이들 프로세스는, 재난성 날씨 경우(예를 들면, 허리케인, 태풍, 싸이클론, 쓰나미 등)의 통과, 장치 생존을 확실하게 하기 위함, 멸종될 위기에 이른 해양 포유류의 통과 동안에, 충돌 방지 등을 확실하게 하기 위함 등을 포함하여 여러 가지 이유로 가동될 수 있다. 해양 흐름 팜 어레이 내의 특정 유체 동력 장치(100)에 대해 할당된 동력 조절 팩터가 0으로 설정될 때 아이들 프로세스가 가동될 수 있다. 아이들 프로세스의 실행 동안에, ADCP 쿼리 프로토콜이 다른 목적들 중에서, 정격 속도의 존재에 대한 수직 물기등을 탐색하기 위해 주기적으로 가동된다.

[0116] 상태 B로부터 A로 이동하기 위해, 상태 A는 표면 위, 또는 또 다른 특정 깊이에 있는 경우에, 상승 프로세스(또는 프로토콜)는 가동될 수 있고, 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 에너지 변화 이펙터(예를 들면, 로터 블레이드 페치 각 변화 이펙터와 같은)의 제어 권한 하에서, 유체 동력 장치(100)는 표면 또는 다른 특정 깊이로 상승할 수 있다. 밸러스트 탱크로부터 밸러스트가 오프로드될 수 있음으로써, 유체 동력 장치(100)의 무게를 감소시킬 수 있다. 또한, 윙(106)은 포저티브 값을 갖는 각도로 편향되어, 더 많은 리프트를 생성한다. 드래그 플랩(112)은 드래그를 감소시키기 위해 약간 후퇴될 수 있으므로, 드라우닝 힘에 기인하는 분명한 무게를 감소시킴으로써, 로터(109)가 분리된 비동작 상태(414)에 남아 있는 동안 유체 동력 장치(100)가 상승하게 한다. 유체 동력 장치(100)가 표면 또는 특정 깊이에 도달할 때 상승 프로세스는 성공적으로 완료될 수 있다.

[0117] 깊이의 변화를 요구하는 동력 제어 프로세스(예를 들면, 도 3a 또는 3b에 도시된 프로세스 350 또는 360)의 실행 동안에 또는 그 전의 임의의 시간에, 유체 동력 장치(100)의 위 및 아래 모두를 펑(ping)함으로써 수직 물기등을 쿼리하기 위해 온보드 ADCP를 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 쿼리에 의해 돌아오는 정보는 더 높은 레벨 예측 및/또는 정정 제어를 위해 THOR 컨트롤러에 의해 받아들여질 수 있다.

[0118] 상승, 하강 및 아이들 프로세스가 로터(109) 분리에 의해 실행될 수 있다. 로터 결합 또는 분리는 로터 결합

천이 프로세스 또는 로터 분리 천이 프로세스를 통해 각각 발생될 수 있다. 상승, 하강 및 아이들 동작 상태 동안에 깊이 제어는 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 에너지 변환기 변화 이펙터(예를 들면, 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터와 같은)의 제어 권한 하에서 이루어질 수 있다. 유체 동력 장치(100)로 하여금 정격 동력 깊이를 추적 및 재획득하게 하거나, 또는 특정된 부분 동력 깊이를 추적하게 하는 것을 가능하게 하는 깊이 변화 프로세스를 포함하는 동력 제어 프로세스의 실행 동안 로터(109) 동작 및 동력 생성이 발생한다. 동력 제어 프로세스는 예를 들면, 최대 크러싱 높이 또는 최소 표면 근방 깊이가 초과될 수 있는 매우 빠른 속도 또는 매우 느린 속도 흐름 경우에 의해 비의도적으로 종료될 수 있다. 동력 제어 프로세스는 의도적으로 종료될 수 있고, 예를 들면, 극도의 날씨 경우의 통과, 멸종될 위기에 처한 종의 통과를 허용하기 위해 아이들 프로세스가 가동될 수 있다. ACDP 쿼리는 더 높은 레벨 예측 및/또는 정정 제어를 위해 사용될 수 있다.

[0119] 도 5는 본 개시의 원리에 따른, THOR 컨트롤러(500)의 파라미터 표시의 예를 나타낸다. 상기 서술된 것같이, THOR 컨트롤러가 유체 동력 장치(100) 내에 설치될 수 있고, 각각의 유체 동력 장치(100)는 예를 들면, 해양 흐름 팜 어레이에 설치될 수 있다. THOR 컨트롤러(500)는 예를 들면, 장치 감지된 파라미터(510)와 시스템 감지된 파라미터(530)를 포함하여 다양한 입력 파라미터를 포함한다. THOR 컨트롤러(500)는 외부 또는 스테이션으로부터 개입되는 커맨드(540)를 수신할 수 있다(예를 들면, 중앙 커맨드 및 제어 수단 THOR HQ).

[0120] THOR 컨트롤러(500)는 감지된 파라미터와 커맨드(540)를 수신하여, 감지된 파라미터(510, 520)의 값과 커맨드(540)로 본 개시의 방법을 실행할 수 있는 컴퓨터(비도시)를 포함하며, 유체 동력 장치(100)가 본 개시의 방법에 의해 서술된 것같이 동작하는 방식과 크기로, 예를 들면, 가변 무게 이펙터(551), 가변 리프트 이펙터(552), 가변 드래그 이펙터(553) 및/또는, 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터(554)와 같은 에너지 변환기 변화 이펙터, 및/또는 다른 이펙터(555)를 포함할 수 있는 복수의 이펙터(550)의 변화를 일으킨다. 또한, 이펙터(550)의 변화에 따른 유체 동력 장치(100)의 움직임과 동작에 기초하여, 장치 감지된 파라미터(510)에 대한 새로운 값이 THOR 컨트롤러(500)에 제공될 수 있으며, 본 개시의 방법으로 유체 동력 장치(100)의 동작 준수를 더욱 강요하도록 이펙터(550)에 대한 추가의 변화가 THOR 컨트롤러(500)에 의해 지시된다.

[0121] 유체 동력 장치(100)에 존재하는 센서를 통해 얻어질 수 있는, 예를 들면, 동력 발생기 동력 출력 레벨 파라미터(511), 자유 스트림 유속 파라미터(512), 피치, 롤 및 요잉 각 및 레이트 파라미터(513), 깊이 파라미터(514), 계류 케이블 텐션 힘 파라미터(515), 밸러스트 탱크 물 레벨 파라미터(516), 윙 입사각 파라미터(517), 스플릿 드래그 플랩 편향 각 파라미터(518), ADCP 데이터 파라미터(519), 및 다른 장치 감지된 파라미터(520)를 포함하는 장치 감지된 파라미터(510)의 몇몇 예가 도 5에 리스트된다.

[0122] 유체 동력 장치(100)와 떨어져 위치하는 센서를 통해 얻어질 수 있는, 예를 들면, 전기 그리드 상태 파라미터(531) 및 다른 시스템 감지된 파라미터(532)를 포함하는 시스템 감지된 파라미터(530)의 몇몇 예가 도 5에 리스트된다. 시스템 감지된 파라미터(532)는, 예를 들면, 해양 흐름 팜 어레이의 전체 상태를 연속적으로 인식할 수 있는 스테이션으로부터 수신될 수 있다. THOR HQ(540)는 해양 흐름 팜 어레이의 각각의 유체 동력 장치(100)의 온보드 메인 컨트롤러에 통신 링크를 통해 연결될 수 있다. 스테이션(예를 들면, THOR HQ(540))은 어레이의 임의의 또는 모든 유체 동력 장치(100)에 외부 커맨드를 발행할 수 있다. 외부 커맨드는 예를 들면 동력 제어 조절 팩터(543), 조정 커맨드(544), 및/또는 다른 외부 커맨드(545)를 포함할 수 있다. 외부 커맨드(540)는 서비스 선박에 의해 하나 이상의 유체 동력 장치(100)에 발행될 수 있다. 또한, THOR HQ(540)는 전체 해양 흐름 팜 어레이에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨을 조절 및 설정할 수 있는 총 동력 제어 프로토콜(541)을 실행할 수 있다. THOR HQ(540)는 총 동력 제어 프로토콜(541)을 관리하기 위해, 해양 팜 어레이의 모든 유체 동력 장치(100)의 합계로부터 총 동력 출력 레벨을 측정할 수 있는 마스터 미터(542) 표시를 감시할 수 있다.

[0123] THOR 컨트롤러(500)는, 예를 들면, 일반 장치 제어 프로세스(또는 프로토콜)(502), 다이브 프로세스(또는 프로토콜)(503), 상승 프로세스(또는 프로토콜)(504), 아이들 프로세스(또는 프로토콜)(505), 로터 결합 천이 프로세스(또는 프로토콜)(506), 로터 분리 천이 프로세스(또는 프로토콜)(507), 동력 제어 프로세스(또는 프로토콜)(508), ADCP 쿼리 프로세스(또는 프로토콜)(509)를 포함하는 구성 프로세스를 가질 수 있는 개별 장치 제어 프로세스(또는 프로토콜)(501)를 실행할 수 있다. 상기 서술된 프로세스를 따르게 하도록 각각의 유체 동력 장치(100)의 동작 움직임에 영향을 주고 변화시키기 위해 여러 이펙터가 복수의 이펙터(550)로부터 사용될 수 있다. 예를 들면, 가변 무게 조정을 위해 밸러스트 탱크를 비우고 채우고, 가변 리프트 조정을 위해 유체 동력 윙의 입사각을 변화시키고, 가변 드래그 조정을 위해 스플릿 드래그 플래그를 동시에 밖으로 편향시키는 것을 포함하여, 이펙터(550)의 예가 개시되어 있으며, 본 개시의 범위 또는 진의를 벗어나지 않으면, 본 개시의 방법

에 따른 각각의 유체 동력 장치(100)의 동작을 실행하기 위해 무게, 리프트 및 드래그에 영향을 주는 메카니즘이 사용될 수 있다.

[0124] 도 6은 본 개시의 원리에 따라서, 해양 흐름 팜 어레이에 대해서 총 동력 출력을 제어하기 위한 총 동력 제어 프로세스(600)의 예를 나타낸다. 총 동력 제어 프로세스(600)는 예를 들면 원격 위치로부터의 THOR HQ에 의해 관리될 수 있다. THOR HQ는 유체 동력 장치의 전체 팜 어레이 또는 하나 이상의 개별 유체 동력 장치와 같이, 그 서브셋에 대한 목표의 총 동력 출력 레벨을 특정할 수 있다. 목표의 총 동력 출력 레벨은 다양한 동작적인 장점을 얻기 위해 때때로 변화할 수 있다.

[0125] 일반적으로, 목표의 총 동력 출력 레벨은 전체 해양 흐름 팜 어레이에 대해서 설정될 수 있다. 0부터 1까지의 사이의 값을 갖는 동력 조절 팩터(Ki)가 어레이의 각각의 유체 동력 장치(100)에 개별적으로 할당될 수 있다. 각각의 유체 동력 장치(100)는, 할당된 동력 조절 팩터(Ki)와 각각의 유체 동력 장치(100)의 정격 동력 출력 레벨의 곱과 같은 양의 동력을 생성하기 위해, 동력 제어 프로세스를 포함하는, 본 개시의 방법을 사용할 수 있다. 전체 어레이의 총 동력 출력 레벨을 변화시킬 수 있는 자유 스트림 흐름 상태가 때때로 변화하기 때문에, 할당된 동력 출력 레벨을 생성하기 위해 각각의 유체 동력 장치(100)는 본 개시의 방법에 기초하여 자체를 재조정할 수 있음으로써, 전체 해양 흐름 팜 어레이의 실제의 총 동력 출력 레벨이 목표의 총 동력 출력 레벨과 같아지게 할 수 있다. 실제 및 목표 값이 수용 가능한 여유 내에 또는 같게 유지되도록 이 프로세스가 반복될 수 있다.

[0126] 도 6을 참조하면, 처음에 어레이의 각각의 유체 동력 장치의 동력 출력 레벨이 합산되어 실제 동력 출력 레벨 $P_{aggregate}$ 을 판정한다(단계 601). 도 5를 참조하여 서술된 것같이, 마스터 미터 출력 레벨에 의해 제공되는 시스템 레벨 정보와 함께, 실제의 총 동력 출력 레벨 $P_{aggregate}$ 이 목표의 총 동력 레벨과 비교될 수 있다(단계 602). 실제 동력 출력 레벨 $P_{aggregate}$ 이 목표 값과 같으면(단계 602에서 예), 아무런 동작이 취해지지 않고, 단계 601이 반복된다. 실제의 총 동력 출력 레벨 $P_{aggregate}$ 과 목표 값이 같지 않으면(단계 602에서 아니오), 동력 조절 팩터(Ki)가 어레이의 각각의 유체 동력 장치(100)에 할당 또는 재할당되고, 동력 조절 팩터(Ki)는 통신 링크(비도시)를 통해서 THOR HQ로부터 각각의 유체 동력 장치(100)와 연관된 THOR 컨트롤러(500)로 송신된다(단계 603).

[0127] 각각의 THOR 컨트롤러는, 각각의 유체 동력 장치의 동력 출력 레벨이 할당된 동력 조절 팩터(Ki)와 각 장치의 정격 동력의 곱과 같게 하기 위해 일반적인 개별 제어 프로세스(700)(예를 들면, 도 7에 도시)를 시작할 수 있다(단계 604와 605). 프로세스(600)가 반복되고, 단계 601이 다시 실행될 수 있다. 몇몇 예에서, 자유 스트림 흐름 상태가 변화의 프로세스에 있기 때문에, 개별 유체 동력 장치가 새로운 자유 스트림 흐름 상태에 재조정하기 때문에 실제의 총 동력 출력 레벨이 변동할 수 있다. 본 개시의 전의 또는 범위를 벗어나지 않으면, 각종 리드/래그(lead/lag), 예측/정정 또는 다른 주지의 제어 기술을 포함하여, 더 높은 차수의 알고리즘이, 실제의 총 동력 출력 레벨과 목표의 총 동력 출력 레벨의 더 빠른 수렴을 일으키기 위해서 도 6에 서술된 총 동력 제어 프로토콜에 추가될 수 있다.

[0128] 도 7은 해양 흐름 팜 어레이의 개별 유체 동력 장치를 제어하는 일반적인 개별 제어 프로세스(700)의 예를 도시한다. 일반적인 개별 제어 프로세스(700)가, 예를 들면 해양 흐름 팜 어레이의 각각의 개별 유체 동력 장치와 연관된 THOR 컨트롤러에 의해 실행될 수 있다. 일반적인 개별 제어 프로세스(700)의 실행 동안, 하나 이상의 폴트 또는 커맨드가, THOR 컨트롤러가 프로세스를 인터럽트하는 임의의 시간에서 수신되고, 그 다음에 시기 적절히 또는 즉시 폴트 또는 커맨드에 따를 수 있다.

[0129] 일반적으로, 유체 동력 장치는, 이전에 검출된 폴트 상태(단계 701) 또는 또 다른 작업을 성취하기 위해 발행된 커맨드(단계 705)가 있지 않으면, 할당된 동력 조절 팩터(Ki)(단계 715)를 사용하여 깊이 변화 프로세스(단계 711)를 포함하는, 동력 제어 프로세스를 실질적으로 항상 실행하고 있다. 개별 장치 폴트 또는 시스템 폴트가 판정되는 경우에서(단계 701에서 예), THOR 컨트롤러는 로터를 분리시키고(단계 702), 유체 동력 장치로 하여금 표면 또는 다른 특정된 깊이까지 상승하게 하고, 폴트 상태가 해제될 때까지 아이들에 남아있게 한다(단계 703).

[0130] 각각의 유체 동력 장치와 연관된 THOR 컨트롤러는 다이브, 상승, 아이들 및/또는 ADCP 쿼리를 포함하여 다양한 커맨드를 실행할 수 있다. 예를 들면, THOR HQ에 의해 커맨드가 발행될 수 있거나, 서술된 것같이 THOR 컨트롤러에 의해 내부적으로 생성될 수 있다. 커맨드 다이브, 상승, 아이들 및/또는 ADCP 쿼리는 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터와 같은 에너지 변환기 변

화 이펙터의 제어 권한 하에서 분리 비동작 상태에서 모두 실행될 수 있다. 로터는 동력 제어 프로토콜로 들어가기 직전에 동작 상태에 결합될 수 있고(단계 714), 동력 제어 프로토콜을 종료한 뒤에 비동작 상태에 분리될 수 있다(단계 713). 실질적으로 모든 다른 시간에, 로터는 플로우 및 비동작으로부터 분리될 수 있다. 로터는 로터 결합 천이 프로토콜을 사용하여 결합될 수 있다(단계 714). 로터는 로터 분리 천이 프로토콜을 사용하여 분리될 수 있다(단계 702, 707, 710).

[0131] 도 7을 참조하면, THOR 컨트롤러는 개별적인 장치 폴트 또는 시스템 폴트에 대해서 감시할 수 있다(단계 701). 개별적인 장치 폴트 또는 시스템 폴트가 발생했다고 판정되면(단계 701에서 예), THOR 컨트롤러는 로터 분리 천이 프로토콜을 실행하여 로터가 분리되게 한다(단계 702). THOR 컨트롤러는 상승 프로토콜(703)을 사용하여 유체 동력 장치가 표면 또는 특정 깊이 까지 상승하게 하고(단계 703), THOR 컨트롤러는 아이들 프로토콜을 실행하여(단계 704), 조정이 완수되거나 또는 연속적인 동작 명령이 더 얻어질 때까지 유체 동력 장치로 하여금 아이들 동력에 유지되게 한다.

[0132] THOR 컨트롤러는 THOR HQ로부터의 커맨드에 대해서 통신 링크를 감시할 수 있거나, 또는 THOR 컨트롤러는 그 자신의 커맨드를 생성할 수 있다(단계 705). 다이브 커맨드가 수신되는 것으로 판정되면(단계 705에서 예), THOR 컨트롤러는, 다이브 프로토콜을 실행하여(단계 706), 유체 동력 장치가 정격 속도 깊이까지 하강하며 성공적으로 완료될 수 있다. 다이브 프로토콜이 성공적이지 않고 정격 속도 깊이가 얻어질 수 없으면(단계 706), THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치로 하여금 소정의 깊이에서 아이들 프로토콜에 들어가게 하며(단계 709), ADCP 쿼리 프로토콜의 또 다른 실행을 포함할 수 있다(비도시).

[0133] 상승 커맨드가 수신되는 것으로 판정되면(단계 705에서 예), THOR 컨트롤러는 로터 분리 천이 프로토콜을 실행할 수 있으며(단계 707), 로터가 분리 비동작 상태에 이미 있지 않을 때, 상승 프로토콜(단계 708)의 실행이 뒤따르며, 표면 또는 소정의 깊이까지 유체 동력 장치로 하여금 상승하게 하는, 표면에서, 특정 깊이에서, 또는, 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터와 같은 에너지 변환기 변화 이펙터의 제어 권한 하에서 특정 자유 스트림 유속이 발생하는 깊이에서, 유체 동력 장치로 하여금 유지되게 하는, 선택적인 ADCP 쿼리 프로토콜(비도시)을 포함할 수 있는, 아이들 프로토콜의 실행(단계 709)이 뒤따른다. 유체 동력 장치는 다음의 외부적으로 또는 내부적으로 생성된 커맨드에 의해 종료될 때까지 동력을 생성하지 않고 아이들 프로세스(단계 709)를 연속해서 실행한다.

[0134] 아이들 커맨드가 수신되는 것으로 판정되면(단계 705에서 예), THOR 컨트롤러는 로터 분리 천이 프로토콜을 실행할 수 있으며(단계 710), 로터가 분리 비동작 상태에 이미 있지 않을 때, 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터 및/또는 로터 블레이드 피치 각 변화 이펙터와 같은 에너지 변환기 변화 이펙터의 제어 권한 하에서, 특정 깊이에서, 또는, 특정 자유 스트림 유속이 발생하는 깊이에서, 동력 생성없이, 유체 동력 장치로 하여금 유지되게 하는, 도 14에 도시된 선택적인 ADCP 쿼리 프로토콜을 포함할 수 있는, 아이들 프로토콜의 실행(단계 711)이 뒤따른다. 유체 동력 장치는 다음의 외부 또는 내부 생성된 커맨드에 의해 종료될 때까지 아이들 프로토콜의 실행을 계속할 수 있다.

[0135] THOR 컨트롤러가 임의의 폴트를 결정하거나 수신하지 않고(단계 701에서 아니오) 및 계류 중이지 않거나 또는 실행되지 않은 커맨드이면(단계 705에서 아니오), THOR 컨트롤러는 로터가 결합되는지 아닌지를 판정할 수 있다(단계 712). THOR 컨트롤러가 로터가 분리 비동작 상태에 있고, 로터 블레이드 피치 각이 완전히 폐더링되었다고 판정하면(단계 712에서 아니오), THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치가 정격 속도 깊이에 있고, 로터 결합 천이 프로토콜을 실행한다고 판정할 수 있다(단계 714). THOR 컨트롤러가 로터가 결합되거나(단계 712에서 예) 또는 로터 결합 천이 프로토콜의 실행을 통해 로터가 결합되어 있었다고(단계 714) 판정하면, THOR 컨트롤러는 동력 제어 프로토콜을 실행하여(단계 713), 할당된 동력 조절 팩터가 1의 값을 가지면(단계 715), 유체 동력 장치로 하여금 연장된 기간 동안 정격 동력을 생성하면서, 정격 동력 깊이를 추적 및 재획득하게 한다. 할당된 동력 조절 팩터가 1 미만의 값을 가지면, 동력 제어 프로토콜(단계 713)은 유체 동력 장치로 하여금, 일반적으로 정격 동력 깊이보다 더 깊은 깊이인 특정된 부분 동력 깊이를 추적 및 재획득하게 한다. 유체 동력 장치는, 폴트 상태(단계 701에서 예) 또는 인터비닝 커맨드(단계 705에서 예)에 의해 인터럽트될 때까지 정격 동력 깊이에서 동력 제어 프로토콜(단계 713)을 연속해서 실행할 수 있다.

[0136] 도 8은 깊이 제어 변화 프로세스를 포함하여 유체 동력 장치를 제어하기 위한 동력 제어 프로세스(또는 프로토콜)(800)의 일 예를 나타낸다. 동력 제어 프로세스(800)는 THOR 컨트롤러에 의해 대부분의 시간에 실행되어, 할당된 동력 조절 팩터가 실질적으로 1과 동일한 값을 가질 때, 유체 동력 장치로 하여금 정격 동력 깊이를 추적 및 재획득하게 하거나, 대략 1 미만의 동력 조절 팩터에 대응하는 특정 부분 동력 깊이를 추적 및 재획득하

게 한다. 각각의 경우에, 목표 동력 설정은 유체 동력 장치의 명목의 동력 레이팅과 할당된 동력 조절 팩터의 곱일 수 있다.

[0137] 도 8을 참조하면, THOR HQ로부터 동력 조절 팩터를 수신한 뒤, THOR 컨트롤러는 동력 제어 프로세스(800)를 시작할 수 있다(단계 801). THOR 컨트롤러는 목표 동력 설정 $K_i?P_{rated}$ 와 실제 동력 P_{actual} 의 감산에 근거하여 동력 에러 신호 Err을 계산할 수 있다. 동력 에러 신호 Err이 대략 0이면(단계 802에서 Err=0), 실제 동력 P_{actual} 이 목표 동력 설정으로 판정될 수 있으며, 동력 변환 효율을 감소시킬 수 있는, 하류로 떠내려가게 할 수 있고, 에너지 변환기 캡쳐 영역에 지장을 줄 수 있는 웨이크(wake) 디스터번스를 최소화하기 위해 가변 리프트 이펙터 대신에 가변 무게 이펙터를 통해서 다소의 무게를 사용하는 것을 제외하고는, 아무런 조치가 취해지지 않는다.

[0138] 가변 무게 이펙터가 하나 이상의 밸러스트 탱크를 포함하고, 가변 리프트 이펙터가 유체 동력 장치 왕을 포함하는 경우에, 동력 제어 에러 신호 Err이 0과 같은 것으로 판정되면(단계 802에서 Err = 0), THOR 컨트롤러는 아무런 조치를 취하지 않고 연속 동작을 허용한다(단계 803). 밸러스트 탱크가 밸러스트를 온로드 또는 오프로드 할 여유를 여전히 갖고 있고, 왕 입사가 0이 여전히 아니면, 하류로 드리프트하게 할 수 있고, 에너지 변환기 캡쳐 영역에 지장을 줄 수 있고, 동작 로터의 에너지 변환 성능을 감소시키는 경향이 있는, 웨이크(wake) 디스터번스를 최소화하도록(단계 804), THOR 컨트롤러는 왕에 의해 전달되는 리프팅 또는 하향력을 줄이기 위해 밸러스트 무게에 대해서 왕 리프트(또는 왕 하향력)를 스윕한다

[0139] 동력 에러 신호 Err이 0보다 큰 것으로 판정되어(단계 802에서 Err > 0), 목표 동력 설정 $K_i?P_{rated}$ 이 실제 동력 P_{actual} 보다 큰 것을 나타내면, THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치로 하여금 깊이를 조정하게 하고, 이 경우 거의 상승시킨다(단계 810). 동력 에러 신호 Err이 0이 될 때까지 THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치의 깊이를 조정하기 위해, 예를 들면 리프트(단계 811)와 무게(단계 813)를 각각 가변 리프트 이펙터와 무게 이펙터를 통해서 조정한다. 특히, THOR 컨트롤러는, 가변 리프트 이펙터(예를 들면, 왕)가 최대 포저티브 값이 아닌 것으로 판정한 뒤(단계 811에서 아니오), 가변 리프트 이펙터의 하향력(예를 들면, 왕 입사각)을 최대 포저티브 값으로 증가시킴으로써 유체 동력 장치로 하여금 깊이를 조정하게 한다(단계 812). 가변 리프트 이펙터의 제어 권한이 소멸되고(단계 811에서 예), 동력 제어 에러 신호 Err이 여전히 0보다 크면, 가변 무게 이펙터(예를 들면, 하나 이상의 밸러스트 탱크)의 제어 권한이 소멸되었는지 아닌지를 판정한다(단계 813). 가변 무게 이펙터의 제어 권한이 소멸되지 않았다고 판정되면(예를 들면, 밸러스트가 최소가 아님)(단계 813에서 아니오), 동력 제어 에러 신호 Err이 0에 도달할 때까지 가변 무게 이펙터가 사용될 수 있다(예를 들면, 밸러스트 오프로드). 그러나, 가변 무게 이펙터의 제어 권한이 소멸되었다고 판정되면(단계 813에서 예), 유체 동력 장치의 실제 깊이가 최소 캐비테이션 깊이 미만인지 아닌지 판정이 이루어진다(단계 815). 실제 깊이가 최소 캐비테이션 깊이 이상이라고 판정되면(단계 815에서 아니오), 유체 동력 장치는 부분 동력 설정으로 동작할 수 있다(단계 816).

[0140] 동력 에러 신호 Err이 0보다 크게 남아 있으면, 상당한 상승이 발생하고, 유체 동력 장치는 표면 근방에 있을 수 있다. 이 경우에서, 매우 느린 속도 흐름 경우가 발생하고 있을 가능성이 있다. 유체 동력 장치가 최소 로터 캐비테이션 깊이 아래에 남아 있으면(단계 815에서 아니오), 정격 동력보다 적고, 동력 조절 팩터가 1미만이면(단계 801) 특정된 부분 동력 설정보다 적을 수 있는 부분 동력 설정에서 계속해서 동작할 수 있다(단계 816).

[0141] 유체 동력 장치가 최소 로터 캐비테이션 깊이 위로 상승하면(단계 815에서 예), THOR 컨트롤러는 동력 제어 프로세스(800)의 실행을 인터럽트할 수 있고, 분리 로터 천이 프로세스(830)를 실행할 수 있으며, 아이들 프로세스(단계 831)가 뒤따르고, ADCP 쿼리 프로세스가 뒤따른다. ADCP 쿼리 프로세스는 수직 물기둥을 검사하기 위해 온보드 ADCP를 사용하여, 자유 스트림 흐름이 연속되는 동력 생성에 적합한 때를 결정한다.

[0142] 동력 제어 에러 신호 Err가 0보다 적은 것으로 판정되어($Err < 0$), 목표 동력 설정 $K_i?P_{rated}$ 이 생성된 실제 동력 P_{actual} 보다 작은 것을 나타내면, THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치로 하여금 깊이를 조정하게 하고, 이 경우 거의 하강시킨다(단계 820). 동력 에러 신호 Err이 0으로 감소될 때까지 THOR 컨트롤러는 유체 동력 장치의 깊이를 조정하기 위해, 예를 들면 리프트(단계 812)와 무게(단계 823)을 각각 가변 리프트 이펙터와 무게 이펙터를 통해서 조정할 수 있다. 특히, THOR 컨트롤러는, 가변 리프트 이펙터(예를 들면, 왕)가 최대 네가티브 값이 아닌 것으로 판정한 뒤(단계 821에서 아니오), 가변 리프트 이펙터의 리프트 힘(예를 들면, 왕의 왕 입사각의 감소)을 증가시킴으로써 유체 동력 장치로 하여금 깊이를 조정하게 한다(단계 822). 가변 리프트 이펙터의 제어 권한이 소멸되고(단계 821에서 예), 동력 제어 에러 신호 Err이 여전히 0보다 크면, 가변 무게 이펙터(예를 들면, 하나 이상의 밸러스트 탱크)의 제어 권한이 소멸되었는지 아닌지를 판정한다(단계 823). 가변 무게 이펙터의

제어 권한이 소멸되지 않았다고 판정되면(예를 들면, 밸러스트가 최대가 아님)(단계 823에서 아니오), 동력 에러 신호 Err이 0에 도달할 때까지 가변 무게 이펙터가 사용될 수 있다(예를 들면, 밸러스트에 로드). 그러나, 가변 무게 이펙터의 제어 권한이 소멸되었다고 판정되면(단계 823에서 예), 유체 동력 장치의 실제 깊이가 소정의 범위의 크러싱 깊이(예를 들면, 10 미터 이내 등) 이내인지 아닌지 판정이 이루어진다(단계 825). 실제 깊이가 소정의 범위의 크러싱 깊이 이내가 아니고(단계 825에서 아니오), 동력 에러 신호 Err가 여전히 0이 아니라고 판정되면, 정격 동력을 유지하거나 또는 특정된 부분 설정(단계 826)을 유지하도록 동력을 떨어뜨리게 하기 위해 피칭될 수 있다(단계 826).

[0143] 동력 제어 에러 신호 Err이 0 미만으로 남아 있으면, 상당한 하강이 발생할 수 있고, 유체 동력 장치는 최대 구조 크러싱 깊이 근방일 수 있다. 이 경우에서, 매우 높은 속도 흐름 경우가 발생할 수 있고, 정격 동력을 유지하거나 또는 특정된 부분 설정(단계 826)을 유지하고 크러싱 깊이 근방의 깊이까지의 하강을 방지하도록 동력을 발생하기 위해 로터 블레이드를 피칭하는 것이 필요할 수 있다.

[0144] 실제 깊이가 소정의 범위의 크러싱 깊이 또는 미만 내에 있다고 판정되면(단계 825에서 예), THOR 컨트롤러는 동력 제어 프로세스(800)의 실행을 인터럽트하고 분리 로터 천이 프로세스를 실행할 수 있고(단계 830), 아이들 프로세스가 뒤에 오고(단계 831), ADCP 쿼리 프로세스가 뒤에 온다(단계 832). ADCP 쿼리 프로세스는 자유 스트림 흐름 속도가 연속적인 동력 생성을 위해 바람직할 때를 판정하기 위해 수직 물기둥을 검사하기 위해 온보드 ADCP를 사용할 수 있다.

[0145] 동력 제어 에러 신호 Err이 0에 도달할 때(단계 802에서 Err=0), 하류로 드리프트할 수 있고 에너지 변환기 캡쳐 영역에 지장을 줄 수 있고 동력 변환 효율을 감소시킬 수 있는 웨이크 디스터번스를 최소화하기 위해 가변 무게 이펙터와 가변 리프트 이펙터가 조정될 수 있다(단계 804). 가변 무게 이펙터가 하나 이상의 밸러스트 탱크를 포함하고 가변 리프트 이펙터가 조정가능한 윙을 포함하는 경우에, 윙 입사각과 대응하는 리프트(또는 하향력)는 더 적은 밸러스트(또는 더 많은 밸러스트)로 교환될 수 있으므로(단계 804), 윙 입사각과 리프트 힘(또는 하향력)은 모두 0에 접근한다. 무게와 리프트를 교환함으로써, 리프트 힘을 가지고 에너지 변환기 캡쳐 영역을 침해하는 윙으로부터 생길 수 있는 임의의 흐름 경사 또는 다운워시(downwash) 각이 실질적으로 0으로 감소될 수 있음으로써, 최대 에너지 변환 성능을 확실하게 한다.

[0146] 동력 제어 프로세스(800)는 예를 들면, 유체 동력 장치의 최대 구조 크러싱 깊이 아래에 유체 동력 장치에 의한 하강을 THOR 컨트롤러로 하여금 명령하는 매우 빠른 속도 흐름의 경우에서 비의도적으로 종료될 수 있다. 과도한 로터 블레이드 캐비테이션을 만들거나 로터 블레이드로 하여금 수면을 뚫게 하여 수용가능하지 않은 상황을 만들 수 있는 얕은 깊이까지 유체 동력 장치에 의한 상승을 THOR 컨트롤러로 하여금 명령하는 매우 느린 속도 흐름의 경우에서 비의도적인 종료가 발생할 수 있다.

[0147] 도 9는 유체 동력 장치의 다이브 동작을 제어하는 다이브 프로세스(또는 프로토콜)(900)의 예를 나타낸다. 다이브 프로세스(900)는 예를 들면 THOR 컨트롤러에서 실행되어 유체 동력 장치로 하여금 정격 속도 깊이까지 깊이가 하강하게 한다. 다이브 프로세스(900)는 분리 비동작 상태에서 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터, 가변 드래그 이펙터, 및/또는 로터 블레이드 피치 각도 변화 이펙터와 같은 에너지 변환기 변화 이펙터의 제어 권한으로 실행될 수 있다. 유체 동력 장치가 허용가능한 여유 내에서 정격 속도 깊이 또는 정격 속도 깊이 근방의 깊이에 도달할 때 다이브 프로세스(900)가 성공적으로 종료된다. 정격 속도 깊이 또는 정격 속도 깊이 근방의 깊이가 얻어지지 않으면 다이브 프로세스(900)가 비성공적으로 종료될 수 있다.

[0148] 일반적으로, 다이브 프로세스(900)는 세미-서브머지된(semi-submerged) 표면 상태 또는 몇몇 인터럽 깊이로부터 시작하여 하강하도록 우선 가변 드래그 이펙터의 제어 권한을 사용할 수 있다. 정격 속도 깊이가 얻어지지 않고 가변 드래그 이펙터의 제어 권한이 소멸되면, 하강을 발생하기 위해 하향력을 생성하도록 가변 리프트 이펙터가 사용될 수 있다. 가변 드래그 이펙터와 가변 리프트 이펙터 모두의 제어 권한이 소멸되고, 정격 속도 깊이가 여전히 얻어지지 않으면, 하강을 더 발생하도록 가변 무게 이펙터가 사용될 수 있다. 가변 드래그 이펙터, 가변 리프트 이펙터 및 가변 무게 이펙터 3개의 제어 권한이 소멸되고, 정격 속도 깊이가 여전히 얻어지지 않으면, 매우 느린 속도 흐름 경우가 발생하고 있고, 다이브 프로세스(900)가 종료되고, THOR 컨트롤러가 아이들 프로세스(1300)(예를 들면, 도 14에 도시)를 실행할 가능성이 있다.

[0149] 가변 무게 이펙터, 가변 리프트 이펙터 및 가변 드래그 이펙터의 권한을 사용하는 다이브 프로세스 동안 정격 속도 깊이가 얻어지고, 정격 속도 깊이가 유체 동력 장치의 최대 구조적 크러싱 깊이에, 그 근방 또는 그 아래에 있지 않고, 계류 케이블 텐션 한계가 초과되지 않으면, 유체 동력 장치를 정격 속도 깊이에 이동시킨 뒤 다이브 프로토콜이 성공적으로 종료될 수 있다. 하강 프로세스 동안, 유체 동력 장치가 10 미터 이내 또는 최대

구조적 깊이에 도달하거나 계류 케이블 구조적 텐션 한계가 초과되면, 매우 빠른 속도 흐름 경우가 발생하고 있고, THOR 컨트롤러가 다이브 프로세스(900)를 인터럽트할 수 있고, 아이들 프로세스(1300)(예를 들면, 도 13에 도시)의 실행이 뒤에 오는 상승 프로세스(1000)(예를 들면, 도 1000에 도시)를 실행할 가능성이 있다.

[0150] 도 9를 참조하면, 처음에 실제, 실시간 자유 스트림 흐름 속도가 판정되고 정격 속도와 비교된다(단계 901). 속도가 동일하면(단계 901에서 예), 다이브가 성공적이라고 여겨져서 완료되고(단계 902), 아니면 THOR 컨트롤러는 ADCP 쿼리를 발행하여(단계 902에서 아니오이면, 단계 903), 수직 물기둥을 탐색하여 도 14를 참조하여 서술된 것같이 추가 정보를 제공하기 위해 깊이로 자유 스트림 흐름 속도를 결정한다. 유체 동력 장치는, 정격 속도가 발생하는 정격 속도 깊이까지 연속해서 하강할 수 있다(단계 904).

[0151] 가변 드래그 이펙터가 최대 드래그 상태(예를 들면, 드래그 플랩이 최대 위치로 연장되지 않는다)에 있지 않는다고 결정한 뒤(단계 905에서 아니오), 높은 드래그 상태로 가변 드래그 이펙터(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩)를 우선 배치(또는 증가)함으로써(단계 906) 유체 동력 장치가 하강하게 될 수 있다. 가변 리프트 이펙터가 최대 하향력 상태(예를 들면, 최대 네가티브 각에서 윙 입사)에 있지 않는다고 결정한 뒤(단계 907에서 아니오), 가변 드래그 이펙터가 최대 드래그 상태에 있거나 그 상태에 도달하고(예를 들면, 스플릿 플랩이 최대 편향에 이름)(단계 905에서 예) 정격 속도 깊이가 얻어지지 않았으면, 보다 네가티브 값으로 가변 리프트 이펙터(예를 들면, 가변 입사각을 갖는 유체역학 윙)를 조정함으로써(단계 908) 하강이 이루어질 수 있다. 가변 무게 이펙터가 최대 무게 상태(예를 들면, 밸러스트 탱크가 가득참)에 있지 않는다고 결정한 뒤(단계 909에서 아니오), 가변 리프트 이펙터(예를 들면, 윙)가 최대 하향력 상태에 있거나 그 상태에 도달하고(예를 들면, 최대 네가티브 입사각)(단계 907에서 예) 정격 속도 깊이가 얻어지지 않았으면, 무게를 증가시키기 위해(예를 들면, 밸러스트 탱크를 증가시켜 로드)(단계 910) 가변 무게 이펙터(예를 들면, 밸러스트 탱크)가 조정될 수 있다.

[0152] 모든 3개의 제어 권한 - 가변 드래그 이펙터, 가변 리프트 이펙터 및 가변 무게 이펙터 - 이 소멸되고(단계 905에서 예, 단계 907에서 예, 단계 909에서 예), 정격 속도 깊이가 얻어지지 않았으면, 매우 느린 속도 흐름 경우가 발생하고, 동력을 생성하지 않고 유지되고 이례적인 매우 느린 속도 흐름 경우를 대기하는 수단으로서 THOR 컨트롤러가 아이들 프로세스(1300)를 작동하며(단계 911), 다이브 프로세스가 비성공적으로 종료할 가능성이 있다(단계 912).

[0153] 가변 드래그, 리프트 및 무게 이펙터가 점진적으로 작동되면서 다이브 프로세스(900) 동안, 계류 케이블의 텐션 뿐 아니라(단계 921), 유체 동력 장치의 실제 깊이가 감시될 수 있으므로, 프리셋 한계가 초과되지 않는다. 프리셋 한계가 초과되지 않거나 위험하게 접근되면(단계 920에서 예, 단계 921에서 예), 매우 빠른 속도 흐름 경우가 발생하고, THOR 컨트롤러가, 이례적인 경우를 유지하고 대기하는 수단으로서, 아이들 프로세스(1300)가 뒤따르는 상승 프로세스(1000)(단계 922)를 작동하며, 다이브 프로세스가 비성공적으로 종료할 수 있는(단계 924) 가능성이 있다. 유체 동력 장치가 정격 속도 깊이 또는 허용가능한 여유 내의 정격 속도 깊이 근방의 깊이에 도달할 때, 다이브 프로세스(900)가 성공적으로 완료할 수 있다.

[0154] 도 9에 도시되지 않았지만, 가변 드래그, 리프트 및 무게 이펙터의 애플리케이션 후에 유체 동력 장치가 정격 속도 깊이 약간 위에 있는 깊이에 하강하고 안정화되는 것이 가능할 수 있다. 다이브 프로세스(900)를 비성공적으로 종료하기보다는(단계 924), 로터 결합 천이 프로세스(1100)(도 11에 도시)가 작동되므로 로터 블레이드 피치 각이 동작 상태에 접근하면서 로터 드래그가 증가하므로, 드라우닝 힘이 증가할 수 있고, 더 하강하게 하므로 유체 동력 장치가 정격 속도 깊이에 도달한다.

[0155] 도 10은 유체 동력 장치의 상승을 제어하는 상승 프로세스(프로토콜)(1000)의 예를 나타낸다. 상승 프로세스(1000)는 예를 들면, THOR 컨트롤러에서 실행되어 유체 동력 장치가 표면 또는 다른 특정 깊이로 상승하게 한다. 가변 무게, 리프트 및 드래그 이펙터의 제어 권한과 분리된 비동작 상태의 로터로 상승 프로세스(1000)가 유발될 수 있다. 유체 동력 장치가 특정 깊이에 도달할 때 상승 프로세스(1000)가 성공적으로 종료할 수 있다. 상승 프로세스(1000)는, 예를 들면, 특정 깊이가 얻어질 수 없을 때, 폴트 상태에서 비성공적으로 종료될 수 있다.

[0156] 일반적으로, 상승 프로세스(1000)는 가변 리프트 이펙터의 제어 권한을 우선 사용하여 유체 동력 장치가 상승하게 한다. 특정 깊이가 얻어지지 않고 가변 리프트 이펙터의 제어 권한이 소멸되면, 가변 무게 이펙터가 사용되어 더 상승하게 할 수 있다. 특정 깊이가 여전히 얻어지지 않고 가변 리프트와 무게 이펙터 모두의 제어 권한이 소멸되면, 가변 드래그 이펙터가 사용되어 더 상승하게 할 수 있다. 특정 깊이가 여전히 얻어지지 않고 가변 리프트, 무게와 드래그 이펙터 모두의 제어 권한이 소멸되고 상승 레이트가 실질적으로 0에 도달하지

않으면, 유체 동력 장치가 포저티브 부력이기 때문에 재해성 폴트가 발생할 가능성이 있다. 이 경우에서, THOR 컨트롤러는 신호를 스테이션(THOR HQ)으로 송신하여 서비스 인원을 파견한다. 상기 서술된 상승 프로세스 동안, 프리셋 상승 레이트 또는 프리셋 계류 케이블 텐션이 초과되면, 프리셋 한계를 초과시키는 최종 동작을 제거하도록 최종 제어 움직임이 취소될 수(역으로 될 수) 있다.

[0157] 도 10을 참조하면, 처음에 유체 동력 장치의 실체의, 실시간 깊이가 결정되어 특정 깊이와 비교될 수 있다(단계 1001). 특정 깊이가 얻어지지 않으면(단계 1001에서 아니오), 도 14를 참조하여 서술된 것같이 추가 정보를 제공하기 위해 ADCP 쿼리(1003)가 발행될 수 있으며, 그렇지 않으면, 상승 프로세스(1000)가 성공적으로 종료된다(단계 1001에서 예이면, 단계 1002). 유체 동력 장치가 진행되어 특정 깊이로 상승한다(단계 1004). 가변 리프트 이팩터가 최대 리프트 상태에 도달하지 않았다고 판정된 후(예를 들면, 최대 왕 입사각)(단계 1005에서 아니오), 유체 동력 장치의 리프트를 증가시키기 위해서 가변 리프트 이팩터(예를 들면, 왕)가 점진적으로 조정된다(예를 들면, 어택의 각도를 증가시키기 위해 입사각을 포저티브 값으로 점진적으로 증가시킨다).

[0158] 실제 깊이가 특정 깊이에 도달되지 않고(단계 1001에서 아니오), 최대 리프트 상태가 도달되지 않으면(단계 1005에서 예), 가변 무게 이팩터(예를 들면, 하나 이상의 밸러스트 탱크)가 최소 상태(예를 들면, 최소의 밸러스트)에 이미 있지 않으면(단계 1007에서 아니오), 가변 무게 이팩터가 점진적으로 조정된다(예를 들면, 밸러스트가 밸러스트 탱크로부터 점진적으로 오프로드된다(단계 1008)).

[0159] 실제 깊이가 특정 깊이와 여전히 같지 않고(단계 1001에서 아니오), 가변 그래그 이팩터(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩)가 이미 드래그가 없거나 낮은 드래그 상태에 있으면(단계 1009에서 아니오), 드래그를 제거하면서 가변 드래그 이팩터가 점진적으로 감소됨으로써(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩이 후퇴된다)(단계 1010), 드라우닝 힘으로 표현되는 분명한 무게를 감소시키고 더 상승하게 한다.

[0160] 실제 깊이가 특정 깊이와 여전히 같지 않으면, 유체 동력 장치가 포저티브 부력이기 때문에 재난성 폴트가 발생할 가능성이 있다. 이 경우에서, THOR 컨트롤러는 신호를 THOR HQ로 송신하여 서비스 인원을 파견한다. 상승 프로세스(1000) 동안, 특정 최대 상승 레이트 또는 특정 최대 텐션 값이 프리셋 한계를 초과하게 할 수 있는 이전 제어 동작을 역으로 행함으로써(단계 1020에서 예 또는 단계 1021에서 예이면, 단계 1022), 상승 레이트는 특정 레이트 아래에 유지될 수 있거나 또는 계류 케이블 텐션력이 특정 값 아래로 유지될 수 있다. 실제 깊이가 특정 깊이와 같으면(단계 1001에서 예이면, 단계 1002), 상승 프로세스(1000)는 성공적으로 종료될 수 있다.

[0161] 도 11은 로터를 결합하는 로터 결합 천이 프로세스(또는 프로토콜)의 예를 나타낸다. 로터 결합 천이 프로세스가 예를 들면, THOR 컨트롤러에 의해 실행될 수 있다. 예를 들면, 다이브 프로세스(900)(도 9에 도시)의 성공적인 완료 다음에 그리고 동력 제어 프로세스(800)(도 8에 도시)를 사용하여 동작하기 바로 전에 로터 결합 천이 프로세스(1100)가 작동될 수 있다. 일반적으로, 로터 결합 천이 프로세스(1100)는 정격 속도 깊이로 성취될 수 있다.

[0162] 일반적으로, 로터(변환기) 결합 천이 프로세스(1100)에서, 로터는 분리 비동작 상태로부터 결합 동작 상태로 천이될 수 있다. 로터 블레이드가 동작 피치 각과 드래그에 접근하고, 로터 동작과 연관된 드라우닝 힘이 점진적으로 증가하면서, 이 천이는 드래그를 현저하게 증가시키고, 동시에 가변 드래그 이팩터에 의해 생성된 드래그가 점진적으로 축소될 수 있다. 또한, 가변 리프트 이팩터에 의해 생성된 하향력은 점진적으로 후퇴될 수 있고, 가변 무게 이팩터는, 로터 결합 천이 프로세스(1100)가 일정한 깊이 또는 일정한 속도에 대응하는 가변 깊이(모두 수직력의 심리스 네트 섬 제로 천이를 요구하는)에서 발생하는 레이트로 점진적으로 감소될 수 있다. 이 천이 프로세스(1100) 동안, 계류 케이블 텐션이 감시되며, 계류 케이블 텐션이 프리셋 한계를 초과하는 경우에서 제어가 시작된다.

[0163] 특히, 로터 결합 천이 프로토콜(1100)은 입력시의 최초 깊이와 최초 속도로 시작할 수 있다(단계 1101). THOR 컨트로러가 최초 깊이 또는 최초 속도에 대응하는 가변 깊이에서 로터 결합 천이 프로토콜(1100)을 행할 수 있다. 최초 속도는 후에 서술되는 것같이, 정격 속도일 수 있다(단계 1222). 로터 블레이드가 동작 상태에서 완전히 결합되지 않고(단계 1102에서 아니오), 가변 드래그 이팩터(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩)가 드래그 상태에 있지 않으면(단계 1105에서 아니오), 로터 블레이드 피치 각이 동작 상태를 향해 연속적으로 전진하면서(단계 1104) 드래그 이팩터는 드래그가 없는 상태로 점진적으로 축소될 수 있다(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩이 점진적으로 안으로 편향)(단계 1106). 가변 드래그 이팩터(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩)와 로터 블레이드 피치 각 변화 사이의 이 드래그 교환 프로세스에서, 드래그 이팩터의 후퇴에 기인하는 감소하는 드라우닝 힘(단계 1106)과 로터 블레이드 피치 각의 전진에 기인하는 증가하는 드라우닝 힘(단계 1104)이 수직력을 네트 섬 제로에 유지함으로써, 유체 동력 장치를 최초 깊이 또는 최초 속도에 대응하는 가변 깊이에 유지하는 것을 허용

한다. 로터 블레이드 피치 각이 완전히 결합된 동작 피치 각에 도달하지 않으면(단계 1102에서 예), 최대 리프트 상태(예를 들면, 왕 입사각이 이미 최대에 있지 않은)에 도달하지 않으면(단계 1107에서 아니오), 제2 수직력 교환 프로세스가, 진보하는 로터 블레이드 피치 각의 증가하는 드래그에 기인하는 증가하는 드라우닝 힘(단계 1104)과 가변 리프트 이펙터의 포저티브 증가하는 리프트(예를 들면, 왕 입사 각)에 기인하는 증가하는 리프트 힘(또는 유사하게 감소하는 하향 힘(단계 1108) 사이에서 발생할 수 있다. 로터 블레이드 피치 각이 완전히 결합된 동작 피치 각에 여전히 도달하지 않으면(단계 1102에서 아니오), 가변 무게 이펙터가 최소 상태에 있지 않았다고 판정된 후(예를 들면, 밸러스트가 최소)(단계 1009에서 아니오), 제3 수직력 교환 프로세스가, 진보하는 로터 블레이드 피치 각의 증가하는 드래그에 기인하는 증가하는 드라우닝 힘(단계 1104)과, 가변 무게 이펙터가 유체 동력 장치의 무게를 감소시킴에 의한(예를 들면, 밸러스트 탱크의 밸러스트가 오프로드되고) 하중력 축소(단계 1110) 사이에서 발생할 수 있다.

[0164] 로터 블레이드(1102)가 완전히 결합된 채 남아 있지 않고(단계 1102에서 아니오), 가변 드래그 이펙터가 최소 또는 0 드래그 상태에 있으면(단계 1105에서 예), 가변 리프트 이펙터가 최대 리프트 상태에 있고(단계 1105에서 예), 가변 무게 이펙터가 최소 무게 상태에 있으면(단계 1109에서 예), 폴트 신호가 발생될 수 있다(단계 1111).

[0165] 로터 결합 천이 프로토콜(1100)에서 상기 서술된 수직력 교환 프로세스 동안, 계류 케이블 텐션이 감시되고(단계 1120), 예를 들면, 계류 케이블 텐션이 프리셋 한계를 초과하지 않는 것을 확실하게 하도록 가변 드래그 이펙터(단계 1120에서 아니오이면, 단계 1121)를 통해서 드래그에서 감소와 같은 정정 행동이 취해진다. 도 11로부터 알 수 있듯이, 최초 깊이가 실제 깊이보다 적은지의 판정 Err이 만들어져서 로터 결합 천이 프로토콜(1100)이 최초 깊이에서 발생하는 것(단계 1122)을 확실하게 한다. 이에 대해서, 예를 들면, 깊이가 프리셋 한계를 초과한다고 결정되면(단계 1122에서 Err>0), 프리셋 한계가 초과되게 하는 최종 움직임을 제거하도록 최종 제어 이동이 취소(undo)될 수 있고(역으로 된다)(단계 1123), 그렇지 않으면 최종 제어 이동이 반복될 수 있다(단계 1122에서 Err<0이면, 단계 1124). 단계 1122에서의 프로세스는 로터 결합 천이 프로토콜(1100)이 최초 속도에 대응하는 가변 깊이에서 발생하는 것을 또한 확실하게 한다. 로터 결합 천이 프로토콜(1100)이 예를 들면, 몇 분 동안의 기간에 발생하고, 동일한 기간 동안 자유 스트림 흐름 속도 상태가 변화하지 않는다고 주어지면, 단계 1122에서 표현되는 최소 깊이 또는 최초 속도 판정이 동일할 수 있다.

[0166] 가변 무게, 리프트 및 드래그 이펙터의 제어 권한이 소멸되고, 로터 블레이드가 결합된 동작 상태에 도달하지 않으면(단계 1102에서 아니오), THOR 컨트롤러는 ADCP 쿼리를 발행하고 로터 블레이드가 결합된 동작 상태에 피칭되는 것이 허용되었으면 생기는 깊이 변화를 판정하게 한다. 깊이 변화가 허용 가능한 것으로 여겨지면, THOR 컨트롤러는 최초 깊이 또는 최초 속도 요구사항으로부터 벗어날 수 있고(단계 1122), 결합된 동작 상태로의 로터 블레이드의 최종 피치각 변화를 완료한다(단계 1102에서 예이면, 단계 1103). 로터 블레이드 피치 각이 결합되고, 동작 및 가변 드래그 이펙터가 완전히 후퇴된 드래그 상태가 아닐 때(단계 1102에서 예이면, 단계 1103), 로터 결합 천이 프로세스(1100)는 성공적으로 완료될 수 있다.

[0167] 도 12는 로터를 분리하기 위한 로터(변환기) 분리 천이 프로세스(또는 프로토콜)(1200)의 예를 나타낸다. 상승 프로세스(1000)(도 10에 도시)의 전에 또는 아이들 프로세스(1300)(도 13에 도시)의 전에 동력 제어 프로세스(800)의 완료를 뒤따라서 로터 분리 천이 프로세스(1200)가 작동된다. 일반적으로, 로터 분리 천이 프로세스(1200)는 정격 속도 깊이에서 완료될 수 있거나, 다른 깊이 또는 자유 스트림 속도에서 완료될 수 있다. 유체 동력 장치상의 로터의 로터 분리에 영향을 주기 위해 로터 분리 천이 프로세스가 예를 들면 THOR 컨트롤러에 의해 실행될 수 있다.

[0168] 일반적으로, 로터 분리 천이 프로세스(1200)에서, 로터는 결합된 동작 상태로부터, 로터 블레이드가 비동작 완전히 페더링된 피치각에 접근하면서 현저하게 감소될 수 있는, 분리된 비동작 상태로 천이된다. 드래그 이펙터에 의해 생성된 드래그가 점진적으로 증가될 수 있는 동안, 드래그 및 로터 동작에 연관된 드라우닝 힘이 점진적으로 후퇴될 수 있다. 또한, 리프트 이펙터에 의해 제공되는 하향력이 점진적으로 증가될 수 있고, 로터 분리 천이 프로세스(1200)가 일정한 깊이 또는 일정한 속도에 대응하는 가변 깊이에서(모두 수직력의 심리스 네트 섬 제로 천이를 요구하는) 발생하는 레이트에서 점진적으로 증가될 수 있다. 이 천이 프로세스 동안, 계류 케이블이 감시되고, 계류 케이블 텐션이 프리셋 한계를 초과하는 경우에서 제어가 시작된다.

[0169] 특히, 로터 분리 천이 프로세스(1200)는 입력된 최초 깊이와 최초 속도로 시작한다(단계 1201). THOR 컨트롤러는 일정한 깊이 또는 일정한 속도로 로터 분리 천이 프로세스(1200)를 실행할 수 있다(단계 1222). 로터 블레이드가 비동작 상태에서 완전히 페더링되지 않고 분리되어 있고(단계 1202에서 아니오), 가변 드래그 이펙터가

하이 드래그 상태에 있지 않으면(단계 1205에서 아니오), 로터 블레이드 피치 각이 완전히 페더링된 비동작 상태로 연속해서 감소되기 때문에(단계 1204), 드래그 이펙터는 높은 드래그 상태에 점차 배치될 수 있다(단계 1206)(예를 들면, 드래그 플랩은 점차 밖으로 편향될 수 있다). 드래그 이펙터와 로터 블레이드 피치 각 사이의 이 드래그 스왑 프로세스에서, 로터 블레이드 피치 각의 감소에 기인하는 증가하는 드라우닝 힘(단계 1204)과 함께 드래그 이펙터에 의한 드래그의 증가에 기인하는 증가하는 드라우닝 힘(단계 1206)이 네트 섬 제로에서 수직력 균형을 유지함으로써, 유체 동력 장치로 하여금 일정한 깊이, 또는 일정한 속도에 대응하는 가변 깊이에 유지되게 한다.

[0170] 로터 블레이드 피치 각이 완전히 페더링된 비동작 상태에 도달하지 않고(단계 1202에서 아니오), 드래그 이펙터의 제어 권한이 소멸되면(예를 들면, 드래그 플랩이 최대 위치로 편향), 감소하는 로터 블레이드 피치 각의 감소하는 드래그에 기인하는 감소하는 드라우닝 힘(단계 1204)과 리프트(예를 들면, 왕 입사각)가 리프트 이펙터에 의해 더 네가티브 값으로 감소되는 것에 의한 하향력의 증가(단계 1208) 사이에서 제2 수직력 스왑 프로세스가 발생할 수 있다.

[0171] 로터 블레이드 피치 각이 여전히 완전히 페더링된 비동작 상태에 도달하지 않고(단계 1202에서 아니오), 리프트 이펙터(예를 들면, 왕)의 제어 권한이 소멸되면(예를 들면, 왕 입사가 최대 네가티브 값에 있으면)(단계 1207에서 예), 감소하는 로터 블레이드 피치 각의 감소하는 드래그에 기인하는 감소하는 드라우닝 힘(단계 1204)과 리프트(예를 들면, 왕 입사각)가 무게 이펙터에 의한 무게 증가(예를 들면, 밸러스트 텅크의 밸러스트가 증가)(단계 1210) 사이에서 제3 수직력 스왑 프로세스가 발생할 수 있다.

[0172] 로터 블레이드 피치 각이 여전히 완전히 페더링된 비동작 상태에 도달하지 않고(단계 1202에서 아니오), 무게 이펙터의 제어 권한이 소멸되면(예를 들면, 밸러스트가 최대에 있음)(단계 1209에서 예), 폴트 상태가 결정될 수 있다(단계 1211).

[0173] 상기 수직력 스왑 프로세스동안, 계류 케이블 텐션의 감지될 수 있고(단계 1220), 예를 들면, 드래그를 감소시키는 것(예를 들면, 드래그 플랩 편향을 감소) 같은 정정 조치가 취해져서(단계 1120에서 아니오이면, 단계 1221) 계류 케이블 텐션이 소정 한계를 넘지 않는 것을 확실하게 한다. 도 12로부터 알 수 있듯이, 최초 깊이가 실제 깊이 미만인자의 판정 Err이 행해져서 로터 분리 천이 프로세스(1200)가 최초 깊이에서 발생하는 것을 확실하게 한다(단계 1222). 이에 대해서, 예를 들면, 깊이가 소정의 한계를 넘는 것으로 판정되면(단계 1222에서 Err>0), 최종 제어 움직임이 취소될수 있어서(역으로)(단계 1223), 소정의 한계가 초과되게 하는 최종 움직임을 제거하도록 하거나, 그렇지 않으면, 최종 제어 움직임이 반복될 수 있다(단계 1222에서 Err<0이면, 단계 1224). 단계 1222에서의 프로세스는 천이 프로세스(1200)가 속도에 기초한 여러 신호를 사용하여 일정한 속도에 대응하는 깊이에서 발생하는 것을 확실하게 한다. 로터 분리 천이 프로세스(1200)가 예를 들면 몇 분의 기간에 걸쳐서 발생할 수 있고, 자유 스트림 유속 상태가 짧은 기간 동안 변화하지 않는 것으로 주어지면, 단계 1222에서 표현되는 일정한 깊이 또는 일정한 속도 판정이 이상적일 수 있다.

[0174] 무게, 리프트, 및 드래그 이펙터의 제어 권한이 소멸되고 로터 블레이드가 분리 비동작 상태에 도달하지 않으면, THOR 컨트롤러는, 로터 블레이드가 분리 비동작 상태에 피칭되는 것이 허용되면 생길 수 있는 깊이 변화를 판정하기 위해 ADCP 쿼리를 발행한다. 깊이 변화가 수용 가능한 것으로 여겨지면, THOR 컨트롤러는 단계 1222의 일정한 깊이 또는 일정한 속도 요구사항으로부터 벗어날 수 있으며, 분리 비동작 상태로 로터 블레이드의 유지되는 피치 각 변화를 완료한다. 로터 블레이드 피치 각이 분리되고 비동작이고 드래그가 하이 드래그 상태로 연장될 때, 로터 분리 천이 프로세스(1200)는 성공적으로 완료된다(단계 1202에서 예이면, 단계 1203).

[0175] 도 13은 실질적으로 0 동력 생성에 유체 동력 장치를 유지하기 위한 아이들 프로세스(또는 프로토콜)(1300)의 일 예를 도시한다. 아이들 프로세스(1300)는 예를 들면, THOR 컨트롤러에 의해 실행될 수 있다. 아이들 프로세스(1300)는 동력 생성을 중지시키고 유체 동력 장치로 하여금 일정한 깊이 또는 일정한 속도에 대응하는 가변 깊이에 아이들 또는 유지하도록 하기 위해 바람직할 때마다 가동될 수 있다. 허리케인, 태풍, 쓰나미 등을 포함하는 재해성 날씨 경우의 통과 동안 아이들 프로세스(1300)가 사용될 수 있으며, 충돌 방지를 확실하게 할 목적으로 멀종되는 해양 포유류의 통과 동안 사용될 수 있다. 매우 빠른 속도 또는 매우 느린 속도 경우와 같이 이례적인 자유 스트림 흐름 경우 동안, 아이들 프로세스(1300)는 THOR 컨트롤러에 의해 가동될 수 있다.

[0176] 일반적으로, 아이들 프로세스(1300)는 특정된 일정한 목표 깊이 또는 일정한 목표 속도에 대응하는 가변 깊이에 유지하기 위해 무게, 리프트, 및 드래그 이펙터의 제어 권한을 사용한다. 아이들에 유지하고, 자유 스트림 흐름 플로우 상태가 변화하면서 목표를 추적하기 위해 상승하도록(단계 1310), 리프트 이펙터의 제어 권한이 우선 소멸될 수 있고(예를 들면, 최대 위치에 도달할 때까지 왕 입사각 증가)(단계 1311에서 예이면 단계 1312), 목

표 깊이 또는 목표 속도가 얻어지지 않으면, 목표 깊이 또는 목표 속도를 얻기 위해 무게 이펙터의 제어 권한이 다음에 소멸될 수 있다(예를 들면, 최소에 도달할 때까지 밸러스트 오프로드)(단계 1313에서 예이면 단계 1314). 목표가 여전히 얻어지지 않으면, 목표 깊이 또는 목표 속도를 얻기 위해 드래그 이펙터의 제어 권한이 사용될 수 있다(예를 들면, 편향이 실질적으로 0일 때까지 드래그 플랩 편향을 감소시킨다)(단계 1316). 상승 레이트가 실질적으로 0과 같은지 아닌지 판정이 행해질 수 있다(단계 1317). 상승 레이트가 실질적으로 0과 같으면(단계 1317에서 예), 목표는 여전히 얻어지지 않고, 드래그 이펙터는 소멸되어(단계 1315에서 예), 목표 깊이 또는 목표 속도가, 무게, 리프트 및 드래그의 일부를 약간 후퇴시킨 뒤 발생하는 깊이 또는 속도로 리셋될 수 있으므로(단계 1318), 속도 또는 깊이를 보상하기 위해 가변 무게, 리프트, 및 드래그 이펙터의 제어 권한에 여전히 여유가 있다.

[0177] 아이들을 유지하고, 자유 스트림 흐름 상태가 변화하면서 목표를 추적하기 위해 하강하도록(단계 1320), 드래그 이펙터의 제어 권한이 우선 소멸될 수 있고(예를 들면, 편향이 최대에 도달할 때까지 드래그 플랩 편향을 증가)(단계 1322, 단계 1321에서 예), 목표 깊이 또는 목표 속도가 얻어지지 않으면, 다음에 리프트 이펙터의 제어 권한이 소멸되어(예를 들면, 최대 네가티브 값에 도달할 때까지 왕 입사각을 네가티브 값으로 증가)(단계 1324, 단계 1323에서 예) 목표 깊이 또는 목표 속도를 얻는다. 목표가 여전히 얻어지지 않으면, 무게 이펙터의 제어 권한이 사용되어(예를 들면, 밸러스트 증가)(단계 1326) 목표 깊이 또는 목표 속도를 얻는다.

[0178] 목표가 여전히 얻어지지 않고, 무게 이펙터의 제어 권한이 소멸되면(예를 들면, 밸러스트가 최대)(단계 1325에서 예), 하강 레이트가 실질적으로 0과 같은지 아닌지 판정이 행해질 수 있다(단계 1327). 하강 레이트가 실질적으로 0이고(단계 1327에서 예), 목표가 여전히 얻어지지 않으면, 무게 이펙터가 소멸되고(단계 1325에서 예), 목표 깊이 또는 목표 속도가, 무게, 리프트 및 드래그 이펙터의 일부를 약간 증가시킨 뒤 발생하는 속도 또는 깊이로 리셋될 수 있으므로(단계 1328), 속도 또는 깊이를 보상하기 위해 이펙터의 제어 권한에 여전히 여유가 있다. 또한, 아이들 프로세스(1300)는 도 13에 서술한 것같이 ADCP 쿼리 프로토콜을 포함할 수 있으므로, 유체 동력 장치는, 동력 생성을 위해 바람직할 때를 판정하도록 수직 물기둥을 검사하기 위해 온보드 ADCP를 사용할 수 있다.

[0179] 특히, 목표 깊이가 특정되면(단계 1301), 목표 깊이가 실제 깊이보다 적으므로 깊이 에러 신호가 계산될 수 있다(단계 1302). 목표 속도가 특정되면(단계 1301), 실제 속도가 목표 속도보다 적으므로 속도 에러 신호가 계산될 수 있다(단계 1302). 에러 신호가 0보다 큰 것으로 판정되면(단계 1302에서 Err > 0), THOR 컨트롤러는, 드래그 이펙터(스플릿 드래그 플랩)가 이미 완전히 연장되어 있지 않으면(단계 1321에서 아니오), 더 하강하도록 하향력을 증가시키도록 드래그 이펙터(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩)를 높은 드래그 상태로 연장함으로써(단계 1322), 유체 동력 장치의 깊이를 대부분 더 깊은 깊이로 조정할 수 있다(단계 1320).

[0180] 에러 신호가 0보다 크게 유지되면(단계 1302에서 Err > 0), 리프트 이펙터가 사용될 수 있음으로써(예를 들면, 왕 입사각이 더 네가티브 값으로 진행할 수 있다)(1324), 하향력(입사각)이 최대 네가티브 값이 이미 아니면(단계 1323에서 아니오), 하향력을 증가시키고 더 하강하게 한다.

[0181] 에러 신호가 여전히 0보다 크게 유지되면, 무게 이펙터가 사용되어(예를 들면, 밸러스트 탱크의 왕 입사각이 더 네가티브 값으로 진행할 수 있다)(1324), 하향력(입사각)이 최대 네가티브 값이 이미 아니면(단계 1323에서 아니오), 하향력을 증가시키고 더 하강하게 한다.

[0182] 하강 레이트가 대략 0에 도달하면(단계 1327에서 예), 에러 신호가 0보다 여전히 크면(단계 1302에서 Err > 0), 무게(밸러스트)가 약간 오프로드될 수 있고, 무게 및 리프트 이펙터에서 제어 권한의 일부 여유를 유지하기 위해 하향력이 약간 감소될 수 있고, 목표 깊이와 목표 속도가 현재 깊이 또는 속도에서 리셋될 수 있으므로 에러 신호 Err가 0이 되게 한다(단계 1302). 에러 신호가 0이면(단계 1302에서 Err = 0), 0 에러 신호를 확실하게 함으로써(단계 1302에서 Err = 0) 아이들 프로세스(1300)가 현재의 깊이 또는 속도를 유지할 수 있다(단계 1306). 예를 들면, THOR 컨트롤러가 또 다른 커맨드를 작동시킬 때(단계 1303), 아이들 프로세스(1300)가 종료될 수 있다.

[0183] 에러 신호 Err가 0보다 적으면(단계 1302에서 Err < 0), 리프트(입사각)가 최대 포저티브 값이 이미 아니면(단계 1311에서 아니오), 리프트(예를 들면, 왕 입사각)를 더 큰 포저티브 값으로 우선 증가시킴으로써(단계 1312), THOR 컨트롤러는, 유체 동력 장치의 깊이를 대부분 더 얇은 깊이로 조정할 수 있다(단계 1310).

[0184] 에러 신호가 여전히 0보다 적으면(단계 1302에서 Err < 0), 무게를 감소시키고(예를 들면, 밸러스트 탱크의 밸러스트가 감소할 수 있음)(단계 1314), 무게(밸러스트)가 이미 최소가 아니면(단계 1313에서 아니오), 여전히

더 상승시킨다.

[0185] 예러 신호가 여전히 0보다 적으면(단계 1302에서 Err < 0), 드래그가 최소 드래그 상태가 이미 아니면(단계 1313에서 아니오), 드래그가 점진적으로 감소될 수 있다(예를 들면, 스플릿 드래그 플랩이 점진적으로 축소될 수 있다)(단계 1316).

[0186] 상승 레이트가 대략 0에 도달하면(단계 1317), 예러 신호가 0보다 여전히 작으면(단계 1302에서 Err < 0), 무게(밸러스트)가 약간 증가될 수 있고, 무게 및 리프트 이펙터에서 제어 권한의 일부 여유를 유지하기 위해 하향력이 약간 증가될 수 있고, 목표 깊이와 목표 속도가 현재 깊이 또는 속도에서 리셋될 수 있으므로(단계 1318), 예러 신호 Err가 0이 되게 한다. 예러 신호가 0이면(단계 1302에서 Err =0), 0 예러 신호를 확실하게 함으로써 아이들 프로세스(1300)가 현재의 깊이 또는 속도를 유지할 수 있다(단계 1306). THOR 컨트롤러가 또 다른 커맨드를 작동시킬 때(단계 1303), 아이들 프로세스(1300)가 종료될 수 있다.

[0187] 도 14는 유속을 결정하기 위한 ADCP(acoustic Doppler current profile)의 예를 나타낸다. 유체 동력 장치는, 속도가 발생하는 현존하는 자유 스트림 흐름 플로우 필드 속도와 깊이를 측정하기 위해 유체 동력 장치의 위와 아래에서 수직 물기둥으로 사운드 주파수 'ping'을 발행할 수 있는 온보드 상류 및/또는 하류 루킹 ADCP 유닛(1411)을 포함할 수 있다. ADCP 측정은 THOR 컨트롤러가 유체 동력 장치의 위치를 정확하게 측정하는 데 사용된다.

[0188] 일반적으로, ADCP 측정은 THOR 컨트롤러가 유체 동력 장치의 위치를 정확하게 측정하는 데 사용된다. ADCP 유닛(1411)은 현존 자유 스트림 흐름 플로우 필드 속도와 깊이를 측정하기 위해 유체 동력 장치의 위와 아래에서 수직 물기둥으로 사운드 주파수 'ping'을 발행할 수 있다(단계 1402). 정격 속도가 물기둥에 있는지 결정이 행해진다(단계 1403). 정격 속도가 물기둥에 있는지 결정되면(단계 1403에서 예), ADCP 유닛(1411)은 재결합되어 THOR 컨트롤러 및/또는 THOR HQ에 보고하고(단계 1404), 속도 및 깊이 값을 THOR HQ에 캐시 및/또는 보고한다(단계 1406). 정격 속도가 물기둥에 있지 않다고 결정되면(단계 1403에서 아니오), 측정된 속도 및 깊이 값을 THOR HQ에 저장 및/또는 보고된다(단계 1406).

[0189] 정격 속도 데이터를 포함하여, ADCP 측정으로부터의 데이터가 THOR 컨트롤러의 메모리(비도시)에 저장될 수 있고, THOR HQ에 연결될 수 있거나, 또는 THOR 컨트롤러로 하여금 아이들 프로세스를 종료하고, 다이브 프로세스를 시작하고, 그 다음에, 연속된 동력 생성을 위해서 동력 제어 프로세스에 들어간다(단계 1406).

[0190] 본 개시의 구성에 따르면, 유형으로 구체화된 복수의 코드 섹션(또는 세그먼트)을 갖는 컴퓨터 판독가능 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 도 2c, 2d, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14에 도시된 프로세스(350, 360, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400)의 각각의 단계들의 코드 섹션을 포함할 수 있다. 예를 들면, 유체 동력 장치(100)의 온보드 컨트롤러 또는 스테이션에서 실행될 때, 컴퓨터 프로그램은 프로세스(350, 360, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400)의 각각의 단계들이 실행되게 한다.

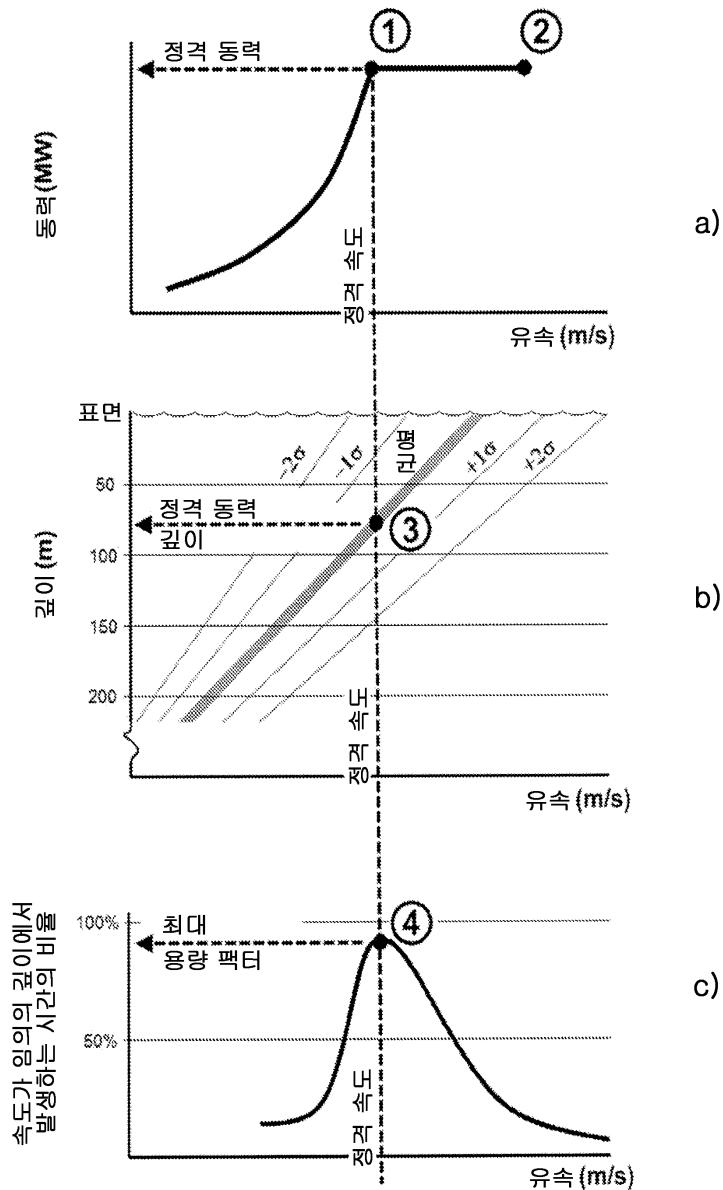
[0191] 단일 유체 동력 장치 또는 그 배열의 동력 출력의 최대화, 조절 및/또는 제어를 포함하여, 각종 유익을 위해 유체 동력 장치의 동작에 영향을 미치기 위해 컨트롤러에 의해 사용될 수 있는 방법 및 프로토콜이 개시된다. 유체 동력 장치가 배치되는 자유 스트림 흐름의 역 속도 시어 움직임이 주어지면, 흐름 플로우 움직임에 대응하여, 임의의 깊이에서 가장 빈번하게 발생하는 단일 속도, 단일 최대 속도가 존재한다는 발견뿐 아니라, 정격 속도 깊이(정격 속도가 발생하는 깊이)와 정격 동력 깊이(정격 동력이 얻어지는 깊이)의 개념이 도입되었다. 또한, 단일 최대 속도에 대응하는 정격 속도를 갖는 유체 동력 장치를 설계하고, 본 개시의 깊이 변화 프로세스(포로토콜)를 갖는 동력 제어 프로세스(포로토콜)을 사용함으로써, 유체 동력 장치는 가변 무게, 리프트 및 드래그 이펙터를 조절함으로써 정격 동력 깊이를 연속적으로 추적 및 재획득하게 되어, 연장된 기간 동안 정격 동력 생성이 되게 한다. 정격 동력 깊이의 추적 및 재획득, 목표 동력 발생기 동력 출력, 동력 발생기 동력 출력을 감지 및 동력 발생기 동력 출력을 감지함에 따른 메카니즘, 유체 동력 장치를 동력 발생기 동력 출력에 유지하기 위해 깊이 변화 프로세스를 갖는 동력 제어 프로세스(포로토콜)를 가동한다. 특정된 부분 동력 깊이와 동력 조절 팩터의 추가 개념은 단일 유체 동력 장치 또는 그 어레이로부터 동력 생성 레벨의 조절 및 제어를 허용한다.

[0192] 각각 무게, 리프트 및 드래그 이펙터와 결합 동작 또는 분리 비동작 로터 블레이드 각도 사이의 제어 권한의 심리스 교환에 허용되는 로터(변환기) 결합 및 로터(변환기) 분리 천이 프로토콜이 개시된다. 이들 천이 프로토콜은 특정 깊이 또는 특정 속도에 대응하는 가변 깊이에서 발생할 수 있는 수직력 네트 체로 목표로 발생할 수 있다. 이들 천이 프로토콜은 특정 깊이 또는 특정 속도에 대응하는 가변 깊이에서 발생할 수 있는 특정 드래그 목표로 또한 발생할 수 있다.

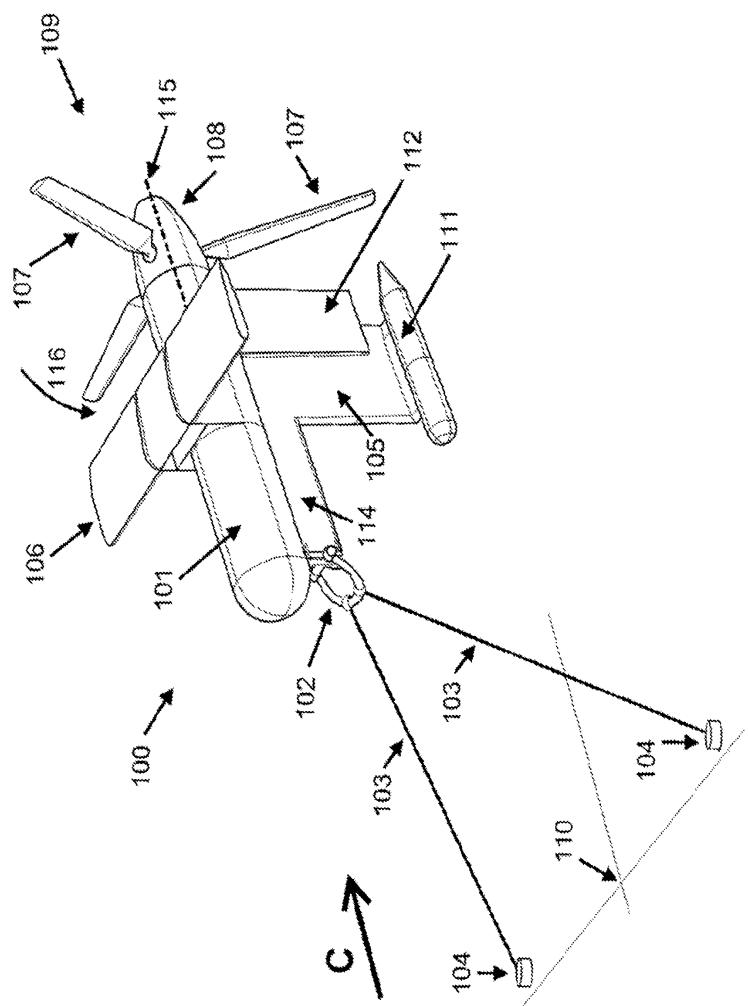
- [0193] 다른 동작 이점을 위해서 제공되는 다이브, 하강, 아이들 및 ADCP를 포함하여, 다른 프로세스(프로토콜)가 서술되었다. 여기에 제시되는 각종 방법은 본 개시의 진의와 범위를 벗어나지 않으면 유체 동력 장치의 동작 및 에너지 출력의 최대화, 조절 및 제어를 행하는 다른 방법을 만들기 위해 다양하게 결합될 수 있다. 제어 알고리즘에 기초한 예측/정정, 리드/래그 및/또는 예측을 포함하는 다른 높은 레벨의 기술이, 본 개시의 진의와 범위를 벗어나지 않으면 에러 신호를 보다 빠르게 0으로 만들도록 제공되는 방법과 통합될 수 있다. 본 개시의 바람직한 실시예가 특정 용어를 사용하여 서술되었지만, 이러한 설명은 도시만을 위한 것이며, 본 개시의 진의와 범위를 벗어나지 않으면 변화와 변경이 가능한 것으로 이해되어야 한다.
- [0194] 본 개시의 여러 실시예에 따라, 여기서 기재한 방법은 컴퓨터상에서 실행중인 소프트웨어 프로그램으로서 동작하기 위한 것이다. 주문형 접적회로, 프로그램 가능 로직 어레이 및 기타 하드웨어 장치를 포함하며 이들로 제한되지 않는 전용 하드웨어 구현은 여기서 기술한 방법을 구현하는 것으로 또한 해석될 수 있다. 더 나아가, 분포된 처리 또는 구성요소/대상 분포 처리, 병렬 처리 또는 베츄얼 머신 처리를 포함하지만 이들로 제한되지 않는 대안적인 소프트웨어 구현 또한 여기서 기재한 방법을 구현하는 것으로 해석될 수 있다.
- [0195] 본 명세서가 특정한 표준 및 프로토콜을 참조하여 실시예들로 구현된 구성요소 및 기능을 기재할지라도, 본 개시는 그러한 표준 및 프로토콜로 제한되지 않는다. 따라서 동일한 기능을 갖는 대체 표준 및 프로토콜이 등가인 것으로 간주된다.
- [0196] 본 개시는 예시적인 실시예에 관해 기술되었지만, 당업자는 본 개시가 수반하는 청구항의 사상과 범위에서 변경되어 실현될 수 있음을 이해할 것이다. 상술한 이들 예는 단순히 예시적인 것이며, 본 개시의 모든 가능한 설계, 실시예, 적용 또는 변경의 배타적 목록인 것을 의미하지는 않는다.

도면

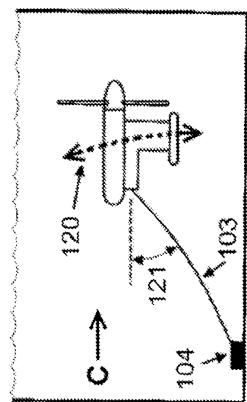
도면1



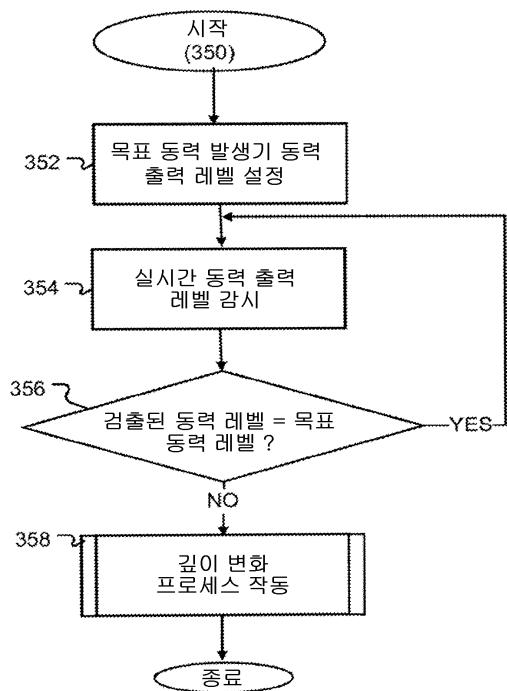
도면2a



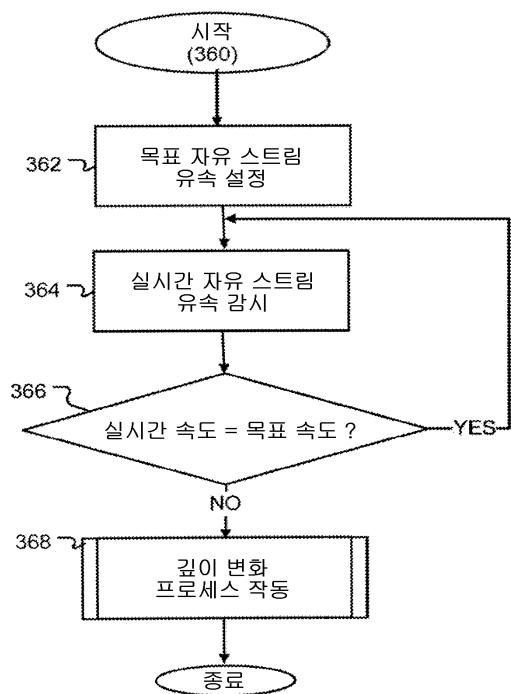
도면2b



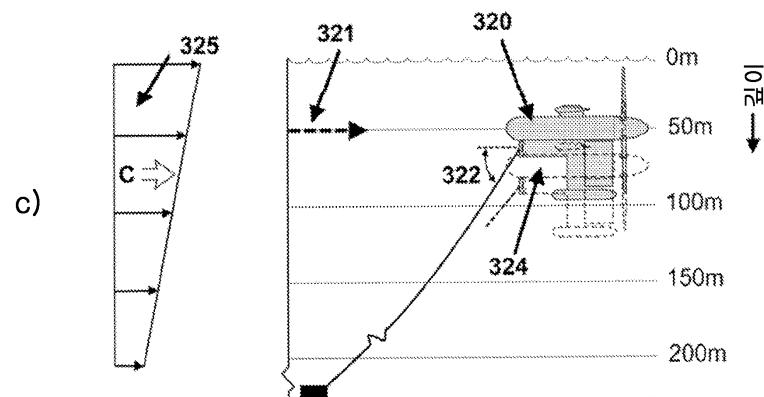
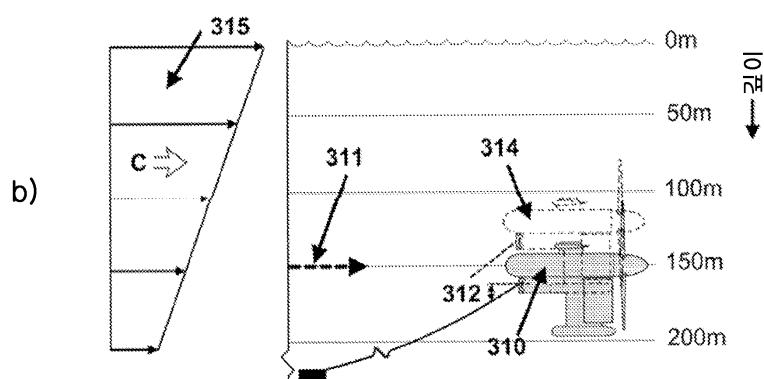
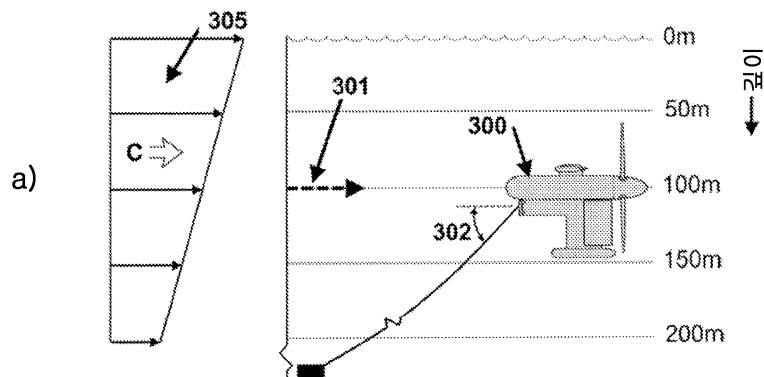
도면2c



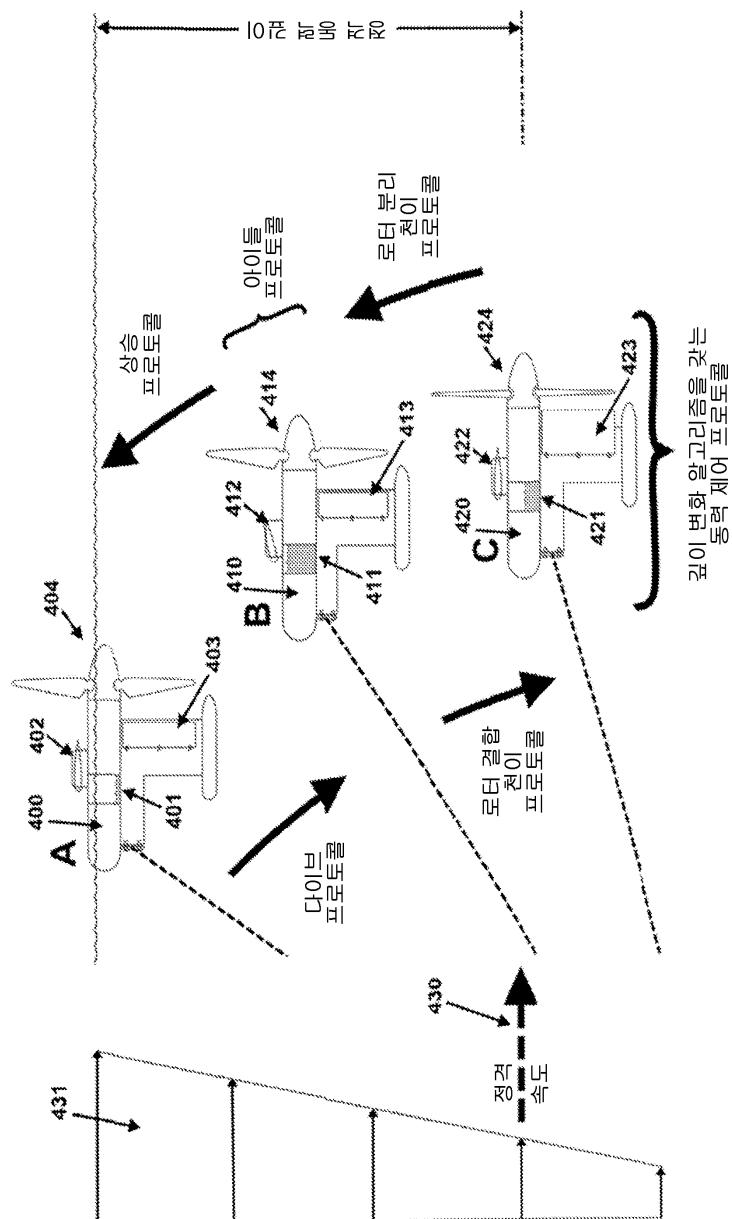
도면2d



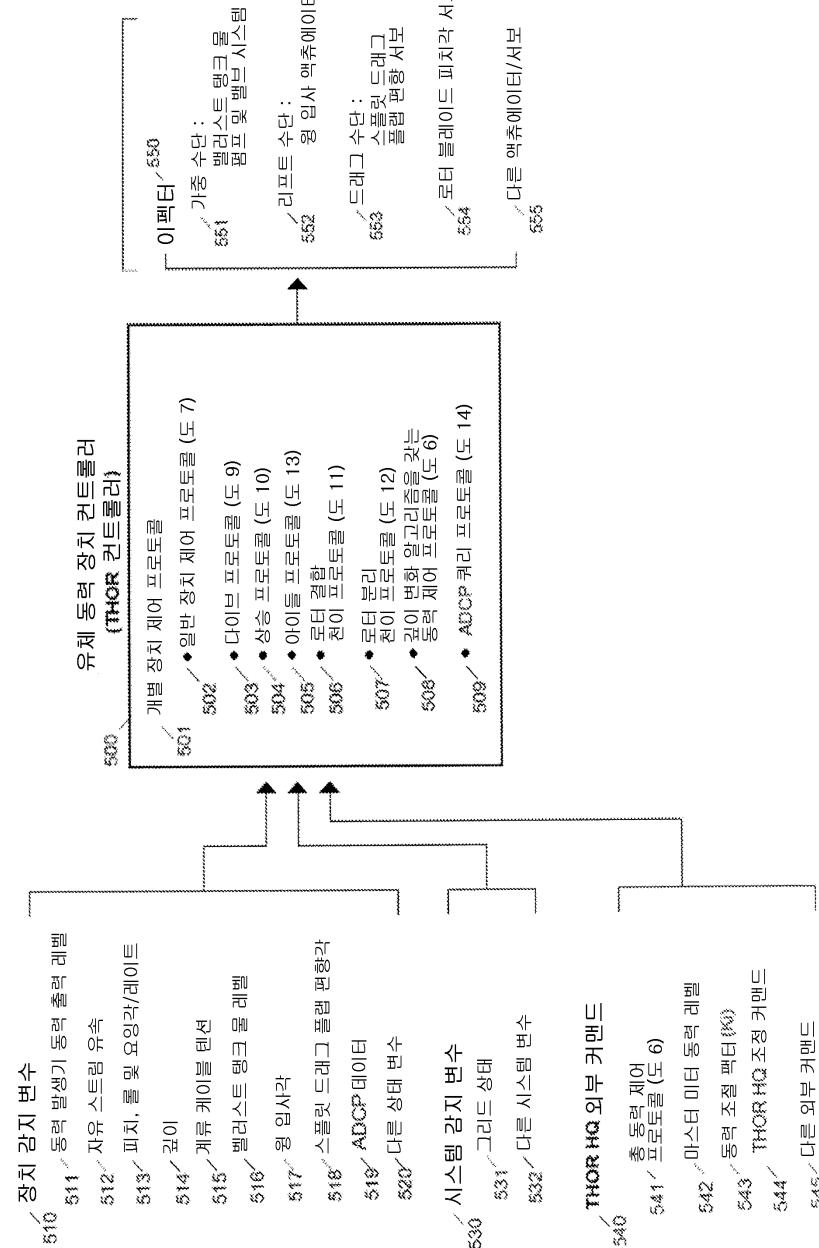
도면3



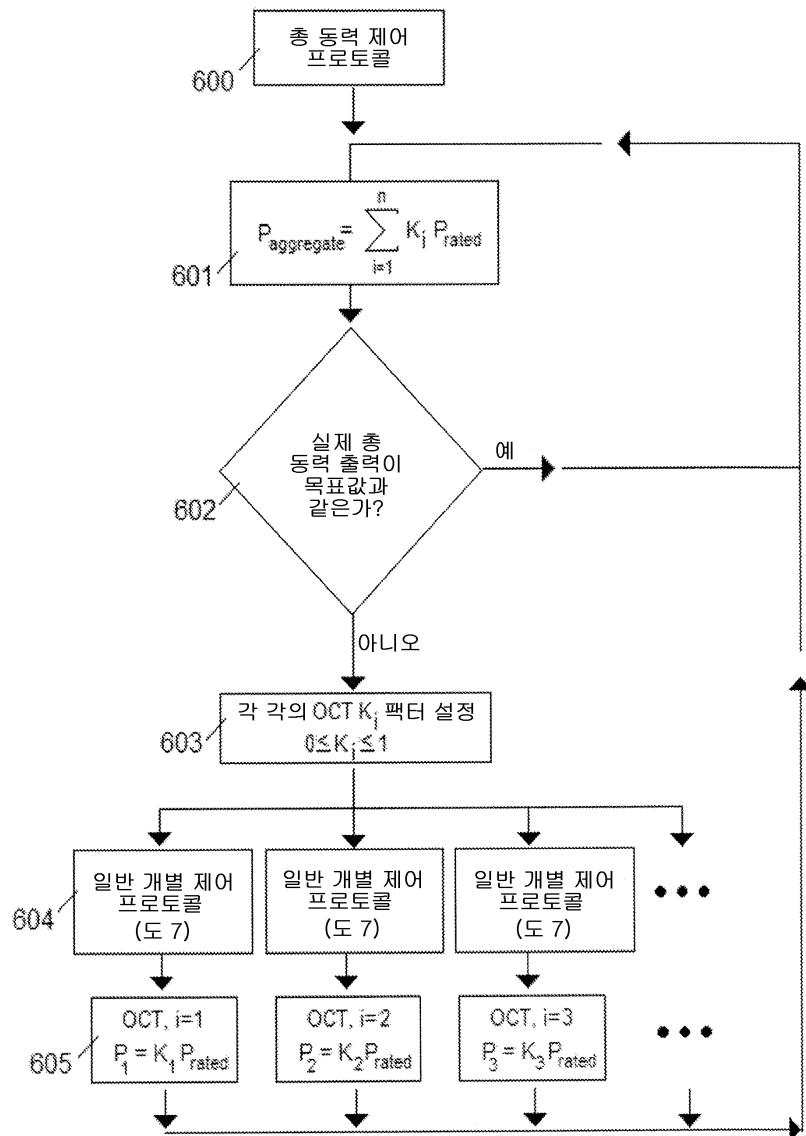
도면4



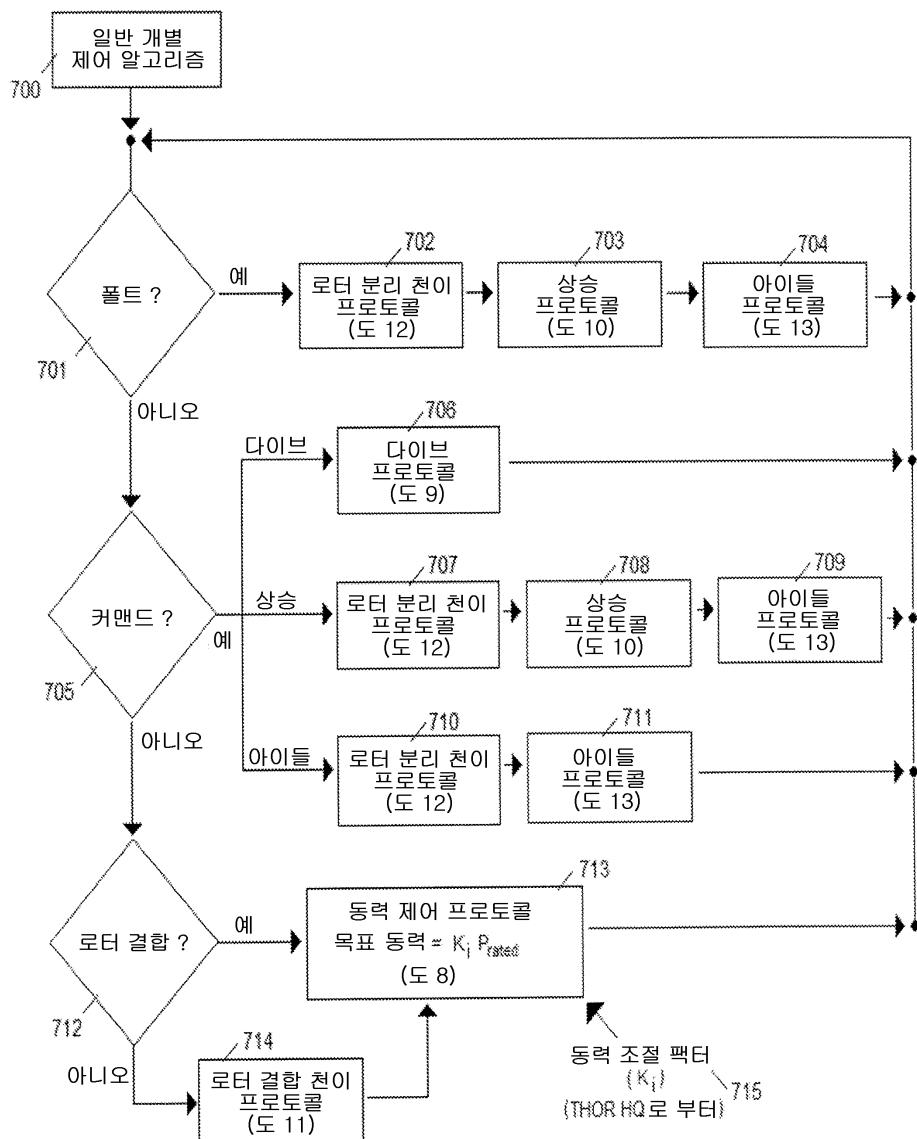
도면5



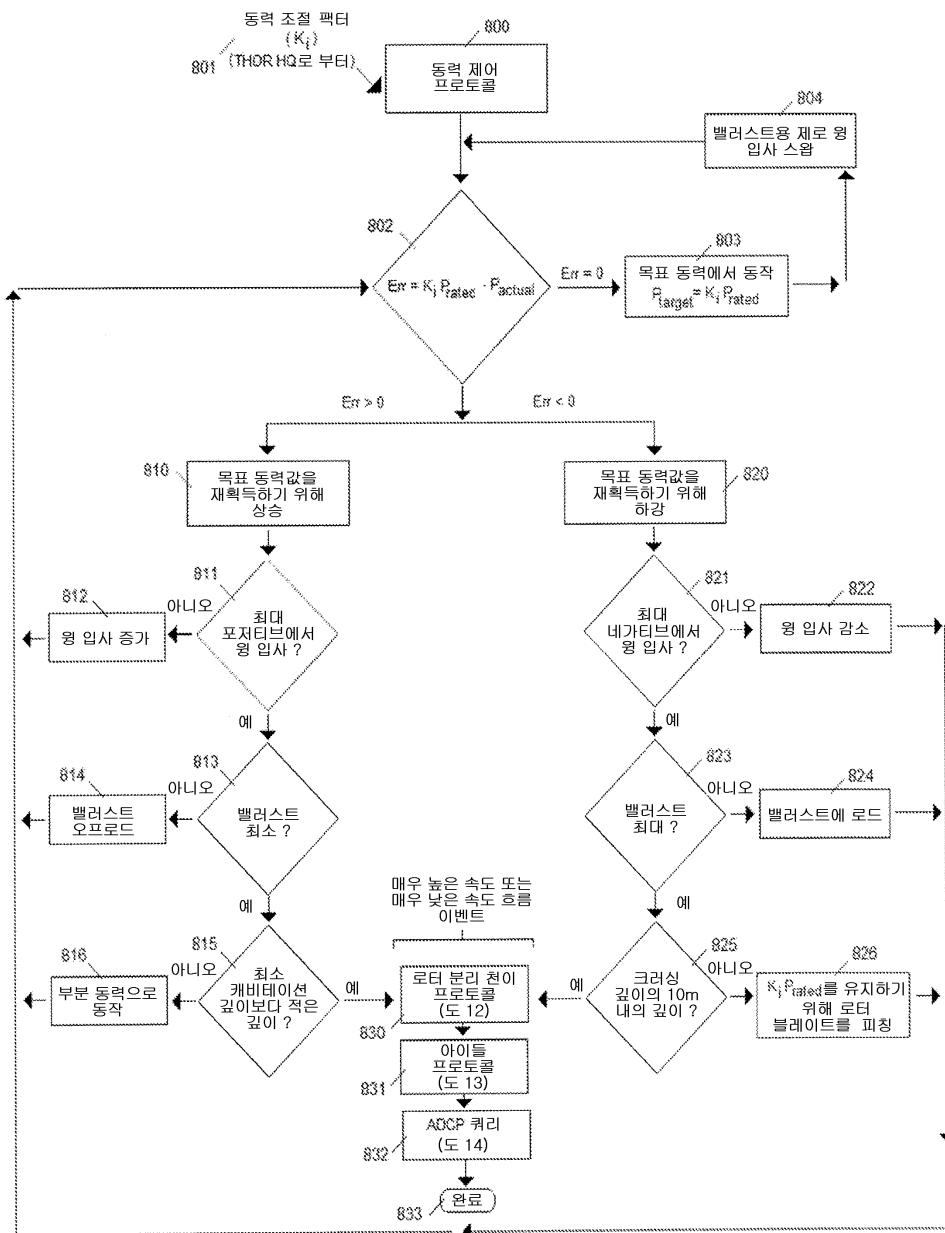
도면6



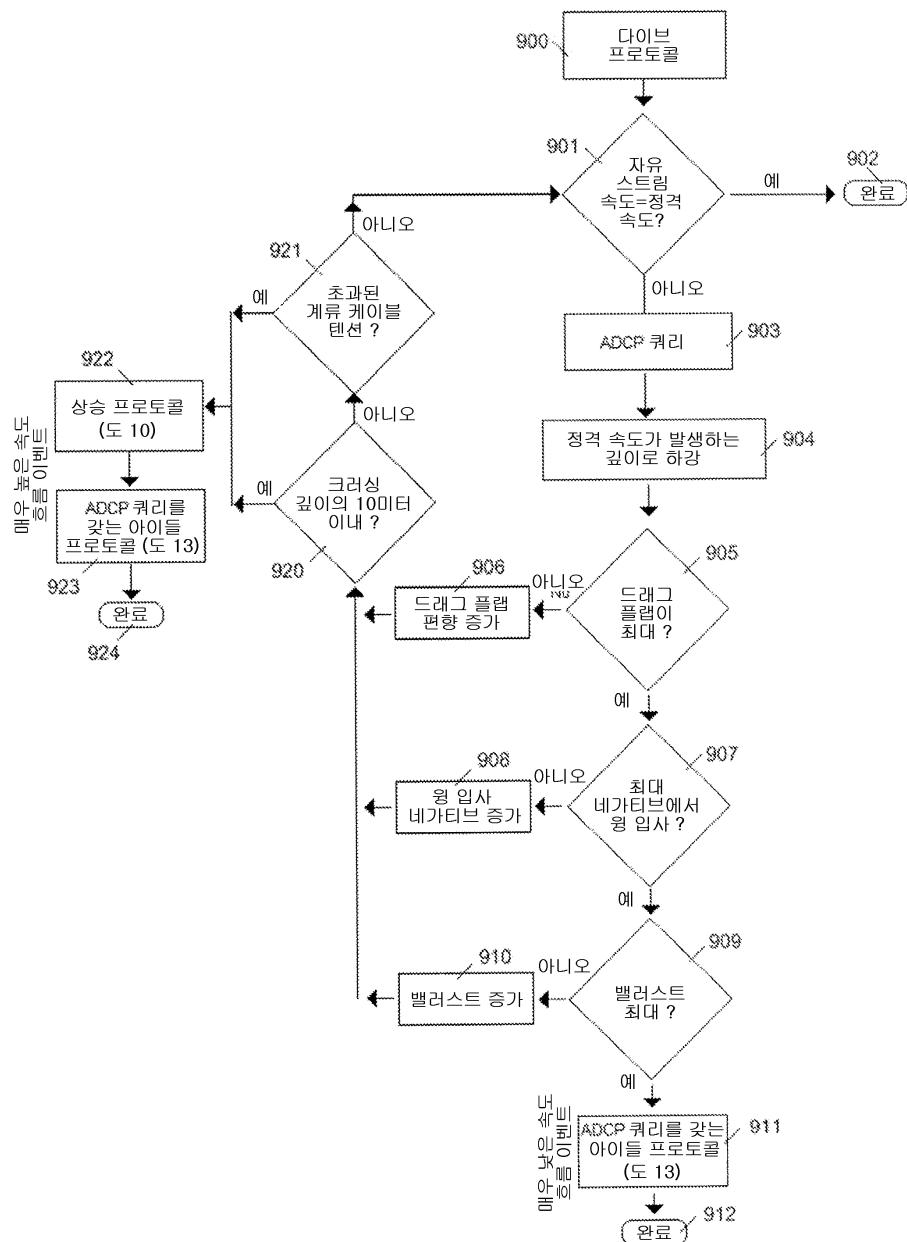
도면7



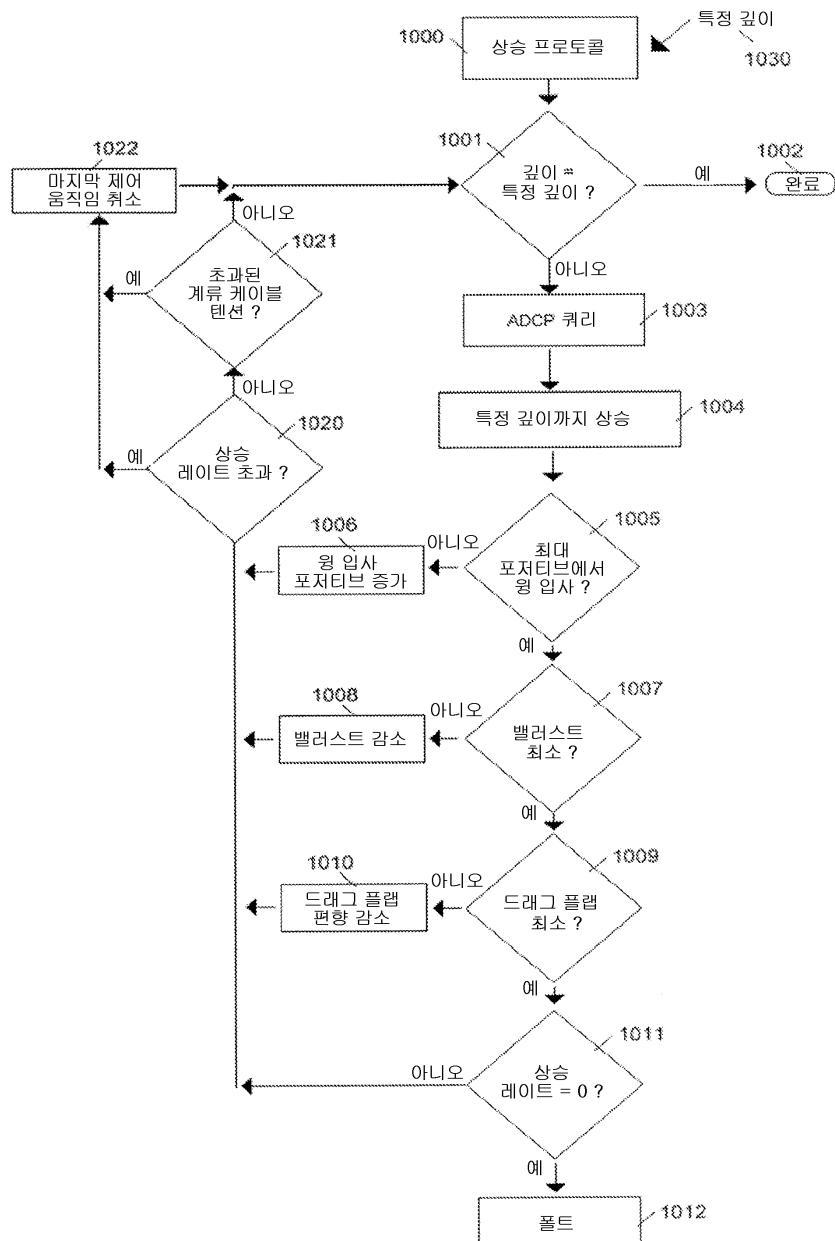
도면8



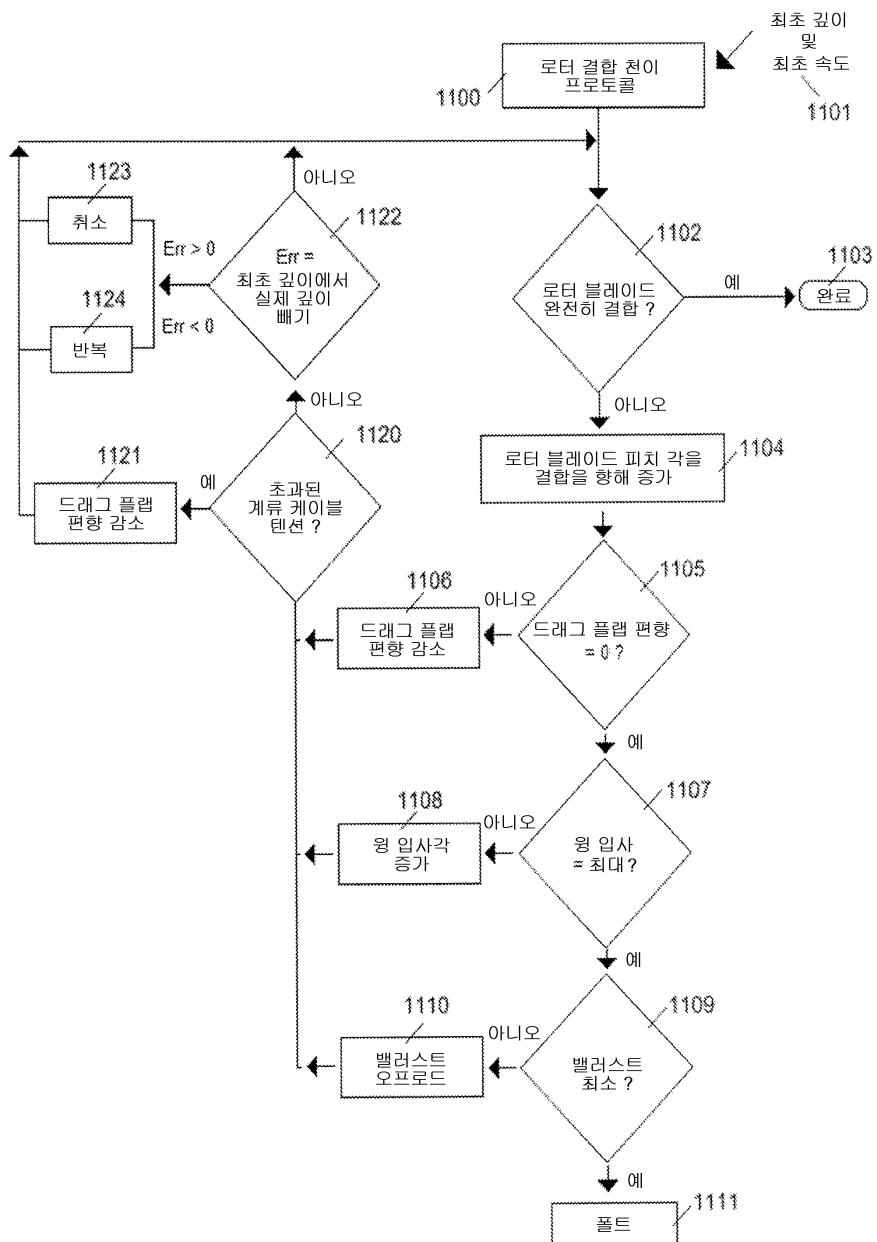
도면9



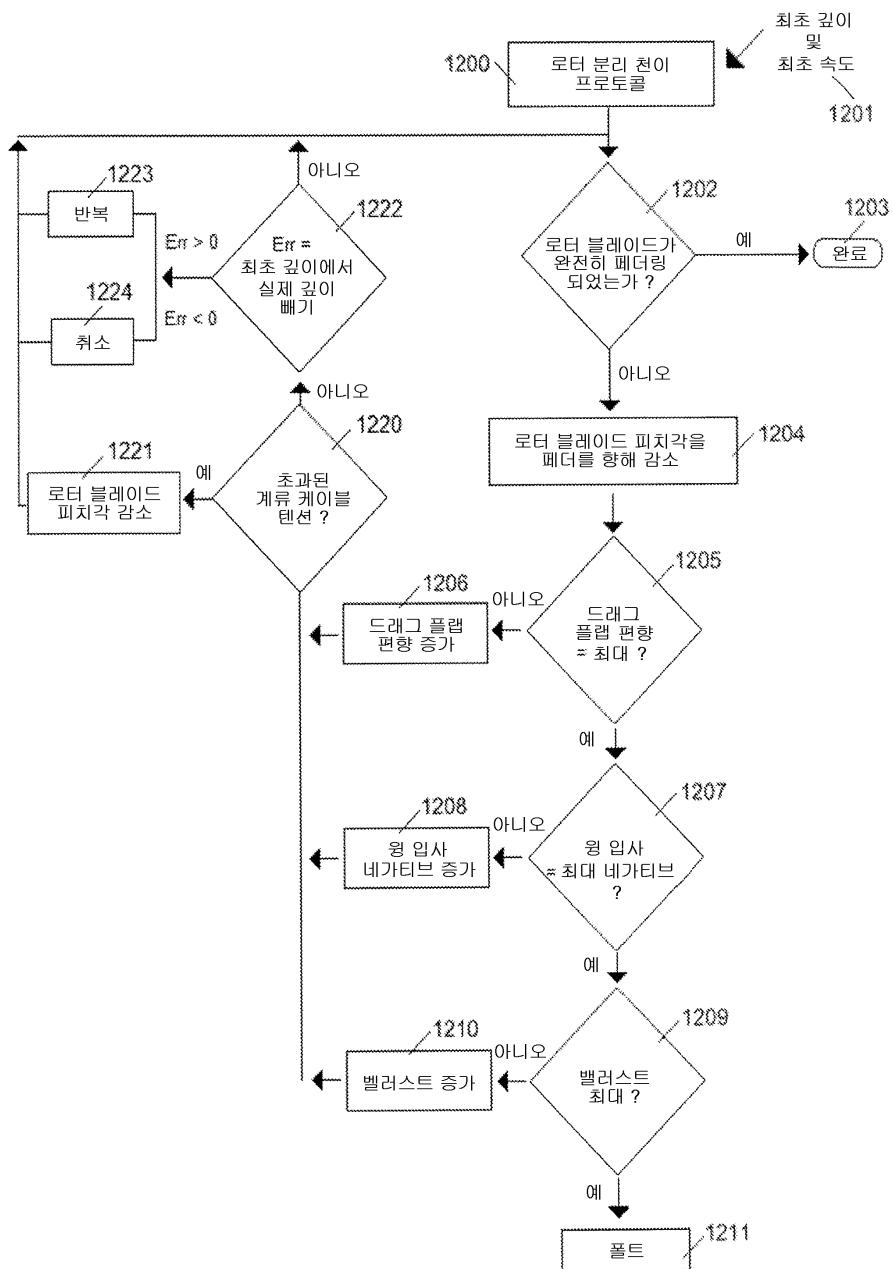
도면10



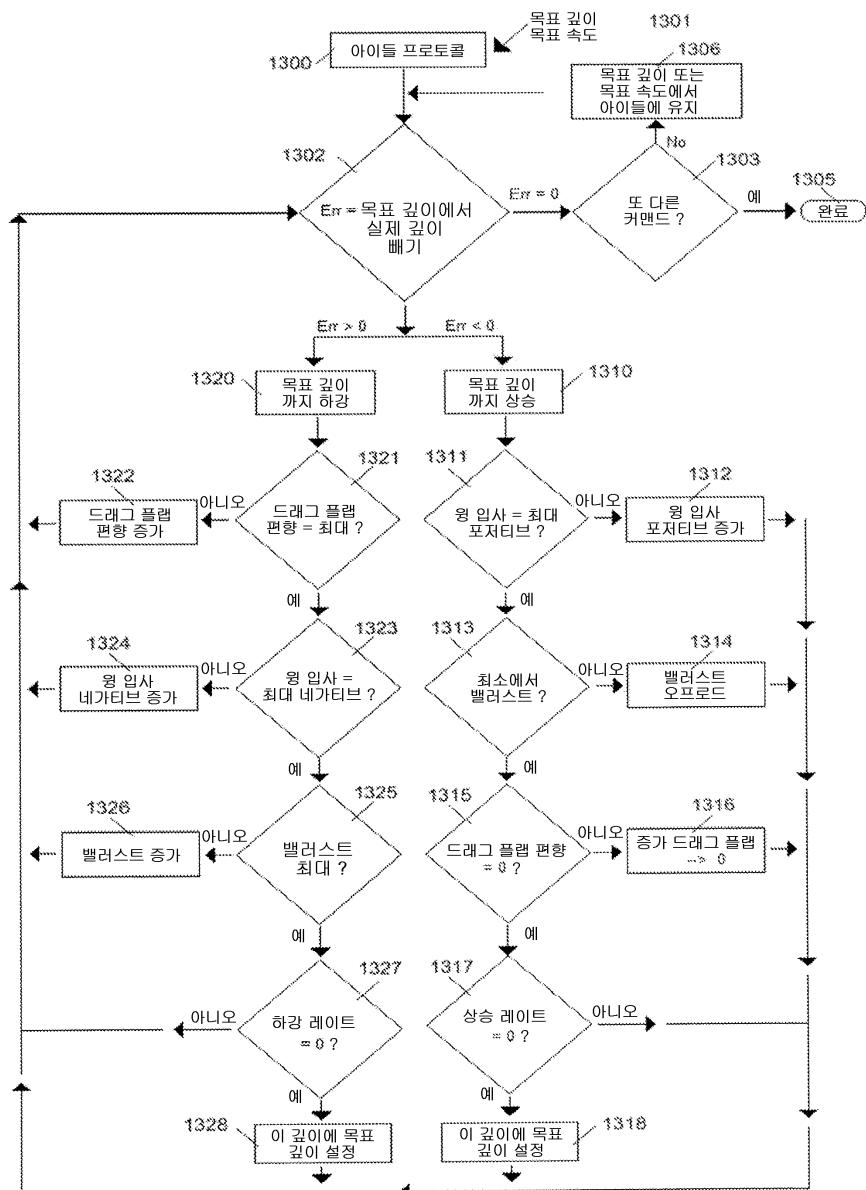
도면11



도면12



도면13



도면14

