



등록특허 10-2741079



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월10일  
(11) 등록번호 10-2741079  
(24) 등록일자 2024년12월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F03B 3/10* (2006.01) *E02B 9/06* (2006.01)  
*F03B 13/02* (2006.01) *F03B 13/06* (2006.01)  
*F03B 13/10* (2006.01) *F03B 3/18* (2006.01)  
*F04D 29/50* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*F03B 3/103* (2013.01)  
*E02B 9/06* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7029419(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년04월30일  
심사청구일자 2023년09월26일
- (85) 번역문제출일자 2023년08월29일
- (65) 공개번호 10-2023-0129613
- (43) 공개일자 2023년09월08일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7008772  
원출원일자(국제) 2018년04월30일  
심사청구일자 2021년04월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/030310
- (87) 국제공개번호 WO 2019/005286  
국제공개일자 2019년01월03일
- (30) 우선권주장  
62/527,010 2017년06월29일 미국(US)  
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문현  
US20150098794 A1  
RU54379 U1  
US04804855 A

전체 청구항 수 : 총 22 항

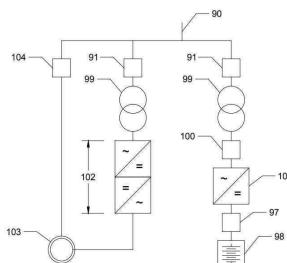
심사관 : 최진환

(54) 발명의 명칭 개선된 가역 펌프-터빈 장치

**(57) 요 약**

본 발명은, 통상적인 지하 파워하우스 또는 깊은 콘크리트 파워하우스 대신에 또는 통상적인 지하 파워하우스 또는 깊은 콘크리트 파워하우스의 수직 샤프트에 있어서의 가역 펌프-터빈 설비에 관한 것이다. 깊게 매립된 파워하우스까지 또는 그로부터 물의 흐름을 보내지 않고 필요한 깊이로 수직 샤프트를 간단히 보링함으로써 필요한

(뒷면에 계속)

**대 표 도** - 도36

공동현상 계수가 달성될 수 있다. 공압 제어 압력 릴리프 밸브가 본 발명에 채용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

*F03B 13/02* (2013.01)  
*F03B 13/06* (2013.01)  
*F03B 13/10* (2013.01)  
*F03B 3/18* (2013.01)  
*F04D 29/506* (2013.01)  
*F05B 2220/32* (2013.01)  
*Y02E 10/20* (2020.08)

(30) 우선권주장

PCT/US2017/048769 2017년08월26일 미국(US)  
62/664,849 2018년04월30일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유체에 작업을 부여하고 상기 유체의 방향을 전환하는 장치로서, 상기 장치는,

유체가 상기 장치에 의해 정의된 자오적 평면에서 제1 방향으로 임펠러 유입으로서 흐르는 임펠러 입구를 갖는 임펠러;

상기 임펠러 입구의 하류에 설치되고, 회전의 임펠러 축을 정의하며, 환상 흐름경로를 따라 상기 임펠러 유입에 접촉하고 방향을 전환하여, 축방향 속도 성분들과 접선 속도 성분들을 모두 갖는 임펠러 배출을 생성하도록 구성되는 상기 임펠러의 블레이드들을 포함하고,

상기 축방향 속도 성분은, 상기 자오적 평면에서, 상기 임펠러 유입의 제1 방향에 대해 실질적으로 180도이고,

상기 장치는, 임펠러 회전축과 정렬된 디퓨저 축을 중심으로 설치되는 디퓨저를 더 포함하고, 상기 디퓨저는, 디퓨저 입구 환형 방사상 크기를 갖는 디퓨저 입구 및 디퓨저 출구 환상 방사상 크기를 갖는 디퓨저 출구를 갖고, 상기 디퓨저 출구 환상 방사상 크기는 상기 디퓨저 입구 환상 방사상 크기보다 크고,

상기 디퓨저는, 상기 디퓨저의 일부로서 설정된 만곡 디퓨저 베인을 더 포함하고, 상기 디퓨저는 상기 접선 속도 성분을 성분을 감소시키기 위해 상기 임펠러 배출을 방향변경하는, 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 디퓨저는 외측 디퓨저 반경을 갖고, 상기 임펠러는 외측 임펠러 반경을 갖고, 상기 외측 디퓨저 반경은 상기 외측 임펠러 반경보다 크지 않은, 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 디퓨저는 상기 임펠러 입구 주위에 배치되는, 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 임펠러 입구는 펌프 입구 노즐을 포함하는, 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 펌프 입구 노즐은 드래프트튜브를 포함하는, 장치.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 펌프 입구 노즐은 상기 디퓨저 내에 동축으로 위치되는, 장치.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 장치는 송풍기, 펌프 및 압축기로 이루어진 군으로부터 선택되는, 장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 장치는 터빈으로서 작동 가능한, 장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 장치는 터빈 및 펌프인, 장치.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 임펠러는 환상 임펠러를 포함하는, 장치.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 디퓨저를 펌프 출구 파이프에 연결하는 플로우 인버터를 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

제1항에 있어서,

상기 장치는, 모터-제너레이터, 수압관 연결부 위치에서 보어홀에 연결되는 수압관, 및 방수로 연결부 위치에서 보어홀에 연결되는 방수로를 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 모터-제너레이터는 상기 임펠러보다 높은 고도에 위치되고, 상기 수압관 연결부보다 높은 고도에 위치되며, 상기 방수로 연결부보다 높은 고도에 위치되는, 장치.

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

유체에 작업을 부여하고 상기 유체의 방향을 전환하는 장치로서, 상기 장치는,

유체가 상기 장치를 통해 자오적 평면에서 제1 방향으로 임펠러 유입으로서 흐르는 임펠러 입구를 갖는 임펠러;

상기 임펠러 입구의 하류에 설치되고, 회전의 임펠러 축을 정의하며, 환상 흐름경로를 따라 상기 임펠러 유입에 접촉하고 방향을 전환하여, 축방향 속도 성분들과 접선 속도 성분들을 모두 갖는 임펠러 배출을 생성하도록 구성되는 상기 임펠러의 블레이드들을 포함하고,

상기 축방향 속도 성분은, 상기 자오적 평면에서, 상기 임펠러 유입의 제1 방향에 대해 실질적으로 180도이고,

상기 장치는, 임펠러 회전축과 정렬된 디퓨저 축을 중심으로 설치되는 디퓨저를 더 포함하고, 상기 디퓨저는, 디퓨저 입구 환형 방사상 크기를 갖는 디퓨저 입구 및 디퓨저 출구 환상 방사상 크기를 갖는 디퓨저 출구를 갖고, 상기 디퓨저 출구 환상 방사상 크기는 상기 디퓨저 입구 환상 방사상 크기보다 큰, 장치.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 디퓨저는 외측 디퓨저 반경을 갖고, 상기 임펠러는 외측 임펠러 반경을 가지며, 상기 외측 디퓨저 반경은 상기 외측 임펠러 반경보다 크지 않은, 장치.

**청구항 19**

제17항에 있어서,

상기 접선 속도 성분들을 감소시키기 위해 상기 임펠러 배출을 방향전환하도록 구성된 만곡 디퓨저 베인들을 더 포함하는, 장치.

**청구항 20**

펌프-터빈으로, 상기 펌프-터빈은,

러너 회전축을 정의하고 환상 흐름 경로를 따라 유체와 접촉하고 방향전환하도록 구성된 러너 블레이들을 갖는 러너로서, 상기 러너는, 펌프-터빈이 펌프 모드일 때 상기 유체가 그를 통해 상기 러너로 유입되고 펌프-터빈이 터빈 모드일 때 상기 유체가 그로부터 상기 러너를 빠져나가도록 하는 제1 러너 개구를 갖고, 또한 상기 러너는 상기 펌프-터빈이 터빈 모드일 때 그로부터 상기 유체가 상기 러너로 유입되고 상기 펌프-터빈이 펌프 모드일 때 그로부터 상기 유체가 상기 러너를 빠져나가도록 하는 제2 러너 개구를 갖고, 상기 환상 흐름경로는 상기 2 개의 러너 개구들 사이의 흐름을 실질적으로 180도로 반전시키는, 러너와,

상기 러너 회전축과 정렬되는 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소 축을 정의하고 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소 축 주위에 설치되는 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소로서, 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소는: 상기 제2 러너 개구부에 실질적으로 형성되는 제1 환상 개구로서, 상기 펌프-터빈이 펌프 모드일 때 상기 제1 환상 개구를 통해 유체가 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소로 유입되며, 상기 펌프-터빈이 터빈 모드일 때 상기 제1 환상 개구로부터 유체가 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소를 빠져나가도록 하는, 제1 환상 개구; 및 상기 러너로부터 제1 환상 개구 보다 더 먼 곳에 형성되는 제2 환상 개구로서, 상기 펌프-터빈이 터빈 모드일 때 상기 제2 환상 개구를 통해 유체가 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소로 유입되고, 상기 펌프-터빈이 펌프 모드일 때 상기 제2 환상 개구로부터 유체가 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소를 빠져나가도록 하는, 제2 환상 개구;를 갖는, 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소를 포함하고,

실질적으로 상기 제1 환상 개구에 있는 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소의 상기 베인들의 단자부들은 접선 방향으로 기울어지고, 실질적으로 상기 제2 환상 개구에 있는 상기 베인들의 상기 단자부들은 실질적으로 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소 축으로부터 방사상 연장부들을 따르는, 펌프-터빈.

**청구항 21**

제20항에 있어서,

상기 펌프-터빈은, 상기 러너와 펌프 터빈 샤프트에 의해 연결되는 모터-제너레이터를 더 포함하는, 펌프-터빈.

**청구항 22**

제20항에 있어서,

상기 펌프-터빈은, 상기 디퓨저 베인-가이드 베인 구성요소의 실질적으로 내측 내에 설치된 드래프트 튜브를 더 포함하는, 펌프-터빈.

**청구항 23**

제20항에 있어서,

상기 펌프 터빈은 가역 펌프 터빈인, 펌프-터빈.

**청구항 24**

제20항에 있어서,

상기 펌프 터빈은 침수 가능한 가역 펌프 터빈인, 펌프-터빈.

### 청구항 25

제20항에 있어서,

상기 펌프 터빈은, 상기 펌프 터빈보다 높은 고도에 설치된 플로우 인버터를 더 포함하는, 펌프-터빈.

### 청구항 26

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 전기 에너지의 저장을 위해 사용되는 가역 펌프-터빈에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

도 1에 도시한 바와 같은 종래의 펌프식 저장 설비는 파괴적 공동현상을 방지하기 위해 일반적으로 러너(runner)에 충분한 절대 압력을 제공하기 위해 지하 발전소를 사용한다. 러너의 수위는 예를 들어 방수로 물 하방 100 미터로 될 수 있다. 이러한 지하 시설을 구축하고 유지하는 것은 고비용이 들고, 보다 작은 시설의 경우에 크기에 비례하여 감소하지 않는다. 따라서, 북아메리카에는 100 MW 미만의 매우 작은 펌프식 저장 시설들이 있다. 전형적인 통상적인 펌프-터빈 단면 상승부는 도 1b에 도시된다. 자오적 평면에서 90도 회전하는 종래 기술의 펌프-터빈 흐름(유동) 경로는 도 1c에 도시되어 있으며, 이는 통상적인 프랜시스(Francis) 터빈의 자오적 평면에 있는 흐름 경로와 유사하다.

[0003]

본 발명은 가역 펌프-터빈은 물론 단일 목적의 터빈 및 펌프들에 관한 것이다. 도 2의 저부는 (자오적 평면에 있어서의) 통상적인 임펠러와 디퓨저를 도시하며, 유체에 대해 러너(임펠러)에 의해 전해지는 가속도는 외측 방향 및 하측 방향으로 되며, 이는 이 경우에 있어서 디퓨저에서 야기되는 최대 물 통로 직경에 비해 불필요하게 작은 러너 텁 직경으로 귀결된다. 이 불필요하게 작은 직경은, 각 단(스테이지)을 가로질러 제한된 헤드 차이로 되며 이는 보다 많은 단들 및 보다 전체적인 낮은 효율로 이어진다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004]

본 발명은, 일반적으로 수직 보어홀에 있어서의 방류수위 훨씬 아래에, 모터-제너레이터를 갖는 가역 펌프-터빈을 위치시킴으로써 요구되는 플랜트 공동현상 계수를 설정한다. 본 명세서에서, "샤프트(shaft)"가 아닌, 용어 "보어홀(bore hole)"이 사용되는데, 이는 상기 홀 안에 위치되는, 회전되는 펌프-터빈의 회전 샤프트와의 혼동을 피하기 위한 것이다.

[0005]

통상적인 펌프식 저장 장치는, 단위 파워 및 특정한 높은 스피드를 유지하면서 공동현상(cavitation)을 억제하기 위해 방수위(tailwater elevation) 훨씬 아래에 러너를 위치시킨다. 가역 펌프-터빈에 대해 중요한 공동현상 계수는 터빈 또는 펌프들에 대한 것보다 높은데 그 이유는 유압 프로파일이 펌핑과 생성 사이의 절충이고 어느 것에 대해서도 최적화되지 않은 것이기 때문이다. 지금까지 방수로 물 아래 러너의 위치설정은, 기계의 크기 및 정격에 무관하게 깊고 고비용의 굴착을 필요로 한다. 굴착 및 지하 구조물의 비용은 예를 들어, 100 MW 미만의 작은 시설에 대해 터무니없이 비싸다.

[0006]

대규모 시설에 대해 적절한 장소는 지질학, 지리학, 경쟁적인 땅 사용 및 전송선로에 의해 제한된다. 수많은 적절한 작은 규모의 장소가 존재하지만, 크기 및 정격의 규모가 감소되더라도, 기존의 가역 펌프-터빈은 여전히 터무니없는 굴착 및 구조물 비용을 필요로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0007]

제안된 구성은, 공동현상을 억제하기 위해 방수위의 훨씬 아래에 높은 특정 출력의 가역 펌프-터빈을 위치시키도록 직경이 약 1 내지 3 미터의 간단하고 저렴한 보어홀을 이용한다. 이와 같은 보어홀들은 합리적인 가격으로

물품 구성 서비스로서 일상적으로 천공된다. 예를 들어, 물, 전기 및 제어 케이블들을 끌어들이기 위한 스틸 라이너 및 도관들은 상기 보어홀 내 해당 위치에 그라우팅될 수 있다. 이 형태의 장치에 적합한 펌프-터빈은 단일 단의 기계장치로서 구성될 수 있고 또는 다단 침수가능한 펌프들에 사용되는 것들과 가능상 유사하고 특별히 구성되는 "디퓨저 보울(diffuser bowls)"을 이용하는 다단 기계장치로서 구성될 수도 있다. 일반적으로 이들 펌프-터빈들은 통상적인 스크롤 케이스를 사용하지 않는다. 이와 같이, 이들 펌프-터빈들의 스테이지(단)들은, 표준 유압 디자인이 광범위한 두부(head) 상태들에 걸쳐 사용될 수 있도록 적층가능하게 될 수도 있다. 표준 펌프-터빈 스테이지들의 사용은, 간단히 필요한 수직 보어홀 깊이를 설정함으로써 플랜트 공동현상 계수가 달성될 수 있다는 사실에 의해 더욱 용이해진다. 통상적인 지하 파워하우스 펌프-터빈 설비와 비교하여, 현장의 특정 기계류를 설계하고 제작하는 것이 덜 번번해지고 수압관(penstock)은 물론 방수로(tailrace) 도관을 여분의 깊이로 수반할 필요도 없으며, 이는 최적의 장소에 소형의 펌프식 하이드로 설비들과 관련되어 엄청난 비용이 들 수 있다. 예컨대 비용이 감소하면 매우 많은 수의 프로젝트들이 증대된 부품의 양에 따라 이루어질 수 있다.

[0008] 가역 펌프-터빈으로 또는 가역 펌프-터빈으로부터의 물 흐름은 펌프-터빈 조립체 상의 샤프트에 위치된 동축 수압관들을 통과할 수 있다. 관련된 모터-제너레이터는 (침수가능한) 내침형으로 할 수 있으며, 어떤 바람직한 실시예에서는 펌프-터빈(들) 하방에 위치된다. 모터-제너레이터를 펌프-터빈들 하방에 위치시킴으로써 보다 큰 직경을 가능하게 하며, 이에 따라 소정의 보어홀 크기에 대해 더욱 경제적인 모터-제너레이터로 될 수 있다. 모터-제너레이터에 대한 공간이 아닌, (상하로) 물의 이송에 대해 실질적으로 모든 보어홀 단면적을 할당함으로써 소정 직경의 보어홀에 대해 최대 파워 정격을 가능케 한다.

[0009] 대안적으로 모터-제너레이터는 물 통로의 외측에 위치될 수 있고 샤프트로 러너에 연결될 수 있다. 이와 같은 구성은, 용이하게 이용할 수 있는 공기 냉각 제너레이터의 사용을 가능케 하면서, 스크롤 케이스를 채용하기에 충분히 큰 지하 파워하우스를 제공하는 것보다 비용을 저렴하게 할 수 있다.

[0010] 바람직한 실시예에 있어서, 제거가능한 매니폴드가 방수(tailwater)에 내측 파이프를 연결하고 상류수에 이르는 수압관에 외측 파이프를 연결하도록 사용될 수 있다. 일반적으로, 두 개의 동축 파이프들 중 큰 것과 보다 큰 펌프 출구/터빈 입구를 연결하면서 동축 파이프들 중 보다 작은 것과 보다 작은 직경의 펌프 입구/터빈 출구를 연결하는 것이 더욱 효율적이다. 본 발명의 대안적인 실시예는, 예를 들어 공동 보어홀에 있어서, 격벽상에 다중 펌프 터빈들이 설치될 수도 있는 경우에서와 같이 다른 구성을 이용할 수도 있다. 상기 제거가능한 매니폴드는 일체형의 공압식으로 제어되는 압력 릴리프 밸브를 포함할 수도 있다. 상기 일체형 압력 릴리프 밸브는, 서지 샤프트에 대한 필요성을 제거하고 서지 압력 및 수압관 비용을 감소시킴으로써 토목 공사 비용을 감소시킨다. 부가적으로 또는 대안적으로, 에어 쿠션의 보어홀의 커버 아래에 잔존할 수 있다. 매니폴드의 제거에 의해 보어홀로부터의 기계류의 제거가 가능하게 된다. 정교한 호이스트 기기는, 한정된 공간 작업에 대한 필요성 없이 설치, 서비스 및 보수를 용이하게 한다. 가역 펌프 터빈의 저부에 부착된 물 압력 작동식 피스톤이 승강 및 하강을 위해 사용될 수 있다. 상기 피스톤과 기계 사이의 공간은 기계가 보어홀의 전체적인 여유도를 높이도록 사용될 수 있다.

[0011] 풍력 산업을 위해 개발된 전력 제어 전자장치의 용이한 이용성에 의해 가변 속도 동작이 용이하게 된다. 풍력 터빈 전력 변환기의 경우에 있어서와 같이, (예컨대, 영구 자석 모터-제너레이터와 같은) 모터-제너레이터와 풀파워 변환기가 사용될 수 있으며, (일반적으로 보다 큰) DFIG(doubly fed induction generator)와 관련하여 부분 파워 변환기가 사용될 수도 있다.

[0012] 가역-펌프 터빈이 설치되는 보어홀은, 보수 및 수리를 위해 기기를 유압식으로 들어 올리고 조작 위치로 기기를 제어가능하게 하강시키기 위해 메인 보어홀로부터 분리된 도관 207을 통해 샤프트의 저부로 가압된 물의 전달을 위한 설비를 포함할 수 있다. 기계가 하강될 때 자동적으로 맞물리고 기계가 들어 올려질 때 자동적으로 해제되도록 전기적 파워 연결부가 구성되는 것이 바람직하다. 이와 같은 커넥터는, 예를 들어 그라운드 전위로부터 분리된 견고한 전기적 연결을 확립하기 위해, 통상적인 "웨트 메이트(wet mate)" 해상 전기 커넥터 기술을 사용할 수도 있고 압축 가스, 절연유 및 팽창 시일의 조합을 사용할 수도 있다.

[0013] 기기가 위치되는 보어홀은 상부 포탈, 하부 포탈 또는 임의의 편리한 중간 위치에서 끝날 수 있다. 기준의 파이프라인과 관련하여 설치하는 경우에, 수직 보어홀은, 조작, 부하 제거, 및 다른 고려사항으로부터 비롯되는 소망 압력 프로파일들에 따라 위치될 수 있다. 보어홀 커버는 압력 릴리프 밸브를 채용할 수 있으며 공기를 내포하는 서지 샤프트를 벗기도록 사용될 수도 있다.

[0014] 예를 들어, 공동 격벽 상에, 다수의 기계들이 단일 보어홀에 설치될 수 있다. 본 발명에 따른 가역 펌프 터빈은, 필요한 경우 낮은 파워 레벨로의 생성을 용이하게 하기 위해 펠톤 터빈(Pelton turbine)과 관련하여 사

용될 수도 있다. 상기 가역 펌프 터빈들은, 가동이 중단되는 계절적인 저수지와 관련하여 사용될 수 있으며, 상기 가역 펌프 터빈들의 주 목적은, 높은 흐름 주기 동안 저수지에 물을 끌어올리고 저장된 물이 하류에 필요할 때 에너지를 회수하면서 물을 되돌릴 수 있도록 하는 것이다.

[0015] 본 발명의 어떤 실시예들에 의하면, 물 해머로부터의 초과 압력을 제한하기 위해 가스 압력 평형 압력 릴리프 밸브들이 사용될 수 있다.

[0016] 조작시 테일 레이스에 드래프트 튜브를 연결하기 위해, 작동가능한 시일들을 갖는 엘보(elbow)가 사용될 수 있다. 상승 및 하강 동작 동안 자유롭게 움직일 수 있도록 하면서 그 조작 시 엘보를 밀폐하기 위해 팽창성 시일들이 사용될 수 있다. 팽창성 시일들 또는 지지부재들은 또한, 조작시 해당 위치에 기계를 고정시키고 보수를 위해 들어올릴 수 있도록 해제가능하게 사용될 수 있다.

[0017] 본 발명의 또 다른 양태에 의하면, 가역 펌프 터빈 러너 또는 펌프 임펠러가 사용되며 이는 상방 속도 부재로 흐름을 전한다. 이 상방 속도 부재는, 최대 물 통로 직경에 대한 임펠러 텁 직경의 비를 최대화하면서, 가역 펌프-터빈의 경우에 디퓨저 또는 가이드 베인과 디퓨저의 조합을 통해 직접, 또는 다단 펌프의 경우에 디퓨저(스테이터) 스테이지에 직접 흐름이 진행하도록 한다. 본 발명의 경우에, 상기 비는 1.00으로 될 수 있다. 이는 스테이지 당 헤드를 최대화하며 보다 큰 헤드가 단일 단(스테이지)의 기계로 달성될 수 있도록 한다. 도 19a, 도 19b, 및 도 19c는 자오적 평면에서의 흐름은 물론 트레일링 에지를 향해 보았을 때 임펠러 블레이드들의 X자형 외관을 도시한다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1a는 통상적인 (종래 기술의) 펌프식 저장 장치의 개략도이다.

도 1b 및 도 1c는 통상적인 펌프-터빈의 단면 정면도이다.

도 2는, 본 발명의 일 실시예의 자오적 평면(meridional plane)을 통한 단면도로, 도 2의 저부는 본 실시예가 채용하는 공지된 다단 우물 펌프를 도시한다.

도 3은, 부분적으로 제거된 펌프-터빈 조립체로 나타낸 도 2의 펌프식 저장 장치의 정면도이다.

도 4a 및 도 4b는, 본 발명에 따라 사용하기 위해 구성되는 압력 릴리프 밸브의 단면 정면도이다.

도 5a-c는, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈의 단면 정면도이다.

도 6은, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈 및 관련된 펌프식 저장 장치의 컷어웨이 렌더링 도면이다.

도 7은, 본 발명에 따라 고정하고 밀폐하기 위해 팽창성 시일을 갖는 방수로에 대한 엘보 연결부의 절단도이다.

도 8은, 본 발명에 따라 헤드워크와 병치된 수직 보어홀을 갖는 펌프-터빈 장치의 단면 정면도이다.

도 9는, 본 발명에 따라 방수로 입구와 병치된 수직 보어홀을 갖는 펌프-터빈 장치의 단면 정면도이다.

도 10은, 본 발명에 따라 헤드워크와 방수로 입구 사이에 위치된 수직 보어홀을 갖는 펌프-터빈 장치의 단면 정면도이다.

도 11은, "상부" 저장소로 기능하는 지하 가압 물 저장 캐비티와 관련되어 위치된 수직 보어홀을 갖는 펌프-터빈 장치의 단면 정면도이다.

도 12는, 대부분 지하의 공기/물 어큐뮬레이터 및 가스 터빈과 관련되어 본 발명에 따른 터빈의 개략도이다.

도 13은, 대부분 지하의 공기/물 어큐뮬레이터 및 가스 터빈과 관련되어 본 발명에 따른 터빈의 개략도로서, 공기가 물 스프레이 냉각에 의해 거의 등온적으로 압축될 수 있다.

도 14는, 조정가능한 압력 릴리프 요소로서도 기능하는 팽창성 블래더(상부 블래더 및 하부 블래더)를 채용하는 본 발명에 따른 방수로 연결 엘보를 도시하며, 동작시 진동을 감소시키기 위한 흐름 분리 제어 핀(fin)을 도시한다.

도 15는, 방수로 연결 엘보를 포함하는 본 발명에 따른 펌프식 저장 장치를 도시한다.

도 16은, 방수로 터널보다 높은 상승부에서 보어홀로 들어가는 수압관 및 방수로 연결 엘보를 포함하는 본 발명에 따른 펌프식 저장 장치를 도시한다.

도 17은, 방수로 연결 엘보를 포함하는 본 발명에 따른 펌프식 저장 장치를 도시한다.

도 18은, 방수로 연결 엘보를 포함하는 본 발명에 따른 펌프식 저장 장치를 도시한다.

도 19a 및 도 19b는, 본 발명에 따른 다단 펌프 임펠러의 자오적 평면 단면도로서, 도 19b는 도 19a의 A-A선 단면도이다.

도 20은, 단일 수압관 및 단일 방수로 터널과 관련된 3 펌프 터빈들의 평면 개략도이다.

도 21은, 본 발명의 일 실시예로 나타날 수 있는 압력 릴리프 밸브를 도시한다.

도 22a는, 압력 릴리프 밸브를 포함하는 펌프 터빈 장치를 도시하며 도 22a는 또한 차단 밸브(42)를 도시한다.

도 22b는, 펌프-터빈의 의도하지 않은 회전을 방지할 목적으로 보어홀의 저부에 위치되는 토크 키의 개략도이다.

도 23은, 개방된 구성에 있어서의 본 발명에 따른 압력 릴리프 밸브를 도시한다.

도 24a 및 도 24b는, 각각 폐쇄 및 개방된 것을 나타낸 본 발명에 의한 압력 릴리프 밸브를 도시한다.

도 25a 및 도 25b는, 각각 폐쇄 및 개방된 것을 나타낸 본 발명에 의한 압력 릴리프 밸브를 도시한다.

도 26a 및 도 26b는, 각각 폐쇄 및 개방된 것을 나타낸 본 발명에 의한 압력 릴리프 밸브를 도시한다.

도 27a 및 도 27b는, 단일 보어홀에서의 다수의 펌프-터빈/모터 제너레이터들의 설치를 도시한다.

도 28은, 본 발명의 펌프 터빈의 한 버전을 개략적으로 도시한다.

도 29는, 본 발명의 펌프 터빈의 다른 버전을 도시한다.

도 30은, 위켓 게이트(wicket gate)들이 아닌 실린더 게이트를 채용한 본 발명에 의한 펌프 터빈의 다른 버전을 도시한다.

도 31-37은, 대안적인 각종 장치를 도시한다.

도 38-43은, 가역 펌프 터빈의 각종 실시예를 도시한다.

도 44a-b는, 플로우 인버터부를 도시한다.

도 45는, 종래 수직 공기 냉각 모터-제너레이터와, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체를 도시한다.

도 46a는, 본 발명에 따라 높고, 중간, 및 낮은 특정 속도 실시예들에서 펌프 터빈 러너의 각종 자오적 단면을 도시하며, 도 46b는 본 발명의 특정 실시예에서 나타날 수 있는 펌프 터빈 러너의 자오적 단면을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 도 1a, 도 1b 및 도 1c를 참조하면, 가역 펌프-터빈을 갖는 통상적인 펌프식 저수지 발전소(pumped storage plant)가 도시되어 있다. 이와 같은 통상적인 설비에는 몇몇의 매우 고가의 구성들이 존재한다. 이들은 다음을 포함한다: 1) 전형적으로 부하 제거로부터 비롯될 수 있는 수격 작용(waterhammer)을 완화하기 위해 필요한 서지 샤프트; 2) 방수로(tailwater) 수위 아래의 지하 파워하우스. 이와 같은 파워하우스는 건설하는데 고가의 비용이 들며 인적 오류 및 부품 고장에 의해 범람의 우려가 있다. 지하 파워하우스의 범람은 시설 그 자체로 위험할 뿐만 아니라 그의 조작자에게도 위험하다. 3) 파워하우스 그 자체와 동일한 낮은 상승부에 대한 높은 비용으로, 수압관(penstock) 및 방수로 도관이 루팅되어야 한다.

[0020] 도 2 및 3을 참조하면, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈 설비가 도시되어 있다. 지하 파워하우스는 필요하지 않다. 대신, 방수 하방 유닛의 소망의 낮은 높이 설정을 제공하면서, 수직 보어홀에 의해 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)가 설치되고, 필요에 따라 보수를 위해 제거되고, 재설치될 수 있도록 한다. 설정 높이는 플랜트 공동현상(캐비테이션) 계수(플랜트 시그마)가 임계 공동현상 계수(크리티컬 시그마)보다 크도록 충분히 낮아야 하며, 상기 공동현상 계수는 물의 온도에서 물의 증기압으로 나뉘어지는 러너의 저압측에서의 절대 압력으로 규정된다.

[0021] 샤프트(16)는 내침형(submersible) 모터-제너레이터(8)를 펌프-터빈 스테이지들(9, 10, 11 및 12)에 연결한다. 수직 방수로 도관(5)(드래프트 튜브 211)은 수압관(2)의 입구의 포인트 위의 압력 릴리프 밸브 디퓨저(14)에 연

결된다. 바람직하게는 압력 릴리프 밸브(7)가 제거가능한 매니폴드(6)에 장착된다. 제거가능한 매니폴드(6)는 기초부(13) 아래에 볼트 체결되며 플랜지(15)에서 방수로 도관(40)에 연결된다. 방수로 도관(40)은 도시되지 않은 하방 저수장으로 이어진다. 헤드, 설정의 높이, 속도, 설치 정격 및 다른 팩터들에 따라 다수의 스테이지들이 조정될 수 있음을 유의해야 한다. 수압관(2)은 상부 저수지(70)에 연결된다. 방수로 도관(3)은 하부 저수지(71)에 연결된다. 물은 상부 저수지(70)를 향해 보어홀(17)의 외측 환형부(202)를 통해 흐른다.

[0022] 제거가능한 부분은, 편리하게 분리가능한 부조립체들(6, 190, 14 및 5)로 더 분할될 수 있음을 유의해야 한다. 예를 들어, 매니폴드(6)가 먼저 들어 올려지고, 다음에 드래프트 튜브(211)가 들어 올려지고, 마지막으로 펌프-터빈 스테이지들(9, 10, 11 및 12)이 모터-제너레이터와 함께 들어 올려질 수 있다. 상부의 모터-제너레이터의 경우에, 스테이터가 제자리에 잔류하는 반면 로터, 샤프트 및 조립체의 나머지는 마지막에 들어 올려질 수 있다.

[0023] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 본 발명과 관련되어 사용하기에 적합한 압력 릴리프 밸브의 단면도가 각각 그의 개방 및 닫힌 위치에 도시되어 있다. 디퓨저(14)는 리브들(25)에 연결되어 있다. 리브들(25), 링(23) 및 링(24)은, 블래더의 팽창 압력이 보어홀(17)에 있어서의 압력보다 클 때 그의 내측 직경 표면상에 방사상으로 블래더(18)를 함께 지지한다. 팽창성 블래더(18)는 플랜지(26)에 의해 하방으로부터 또한 인클로저(1)에 의해 그의 외측 직경상에 지지된다. 상기 블래더(18)의 공기 압력은 보어홀(17)로부터 (방수 압력으로) 매니폴드(6)로의 누설을 중지시키기 위해 정밀하게 조정될 수 있다. 도 4a로부터 명백한 바와 같이, 압력 릴리프 밸브(7)가 개방될 때, 환형부(202)의 물은 화살표를 따라 흐르고; 압력 릴리프 밸브(7)가 닫힐 때(도 4b), 물은 차단된다.

[0024] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈의 단면 정면도가 도시되어 있다. 물이 자오적 평면에서 대략 180도로 역방향으로 흐르는 환상 흐름 경로 둘레에 러너(27)가 설계된다. 위킷 케이트들(28)은 축방향 흐름 디스트리뷰터를 형성한다. 터빈 디퓨저(29)는 터빈 러너 출구 에너지를 회복한다. 펌프 디퓨저 베인들(65)은 디스트리뷰터 허브(31), 터빈 디퓨저(29)는 물론 위킷 케이트 작동 시스템(32)에 대한 기계적 지지를 제공한다. 상기 펌프 디퓨저 베인들(65)이 설치되어 있는 펌프의 디퓨저는, 디퓨저 입구 환형 방사상 크기를 갖는 디퓨저 입구 및 디퓨저 출구 환상 방사상 크기를 갖는 디퓨저 출구를 갖고, 상기 디퓨저 출구 환상 방사상 크기는 상기 디퓨저 입구 환상 방사상 크기보다 크다. 바람직하게, 모터-제너레이터(8)(예컨대, 내침형 모터-제너레이터)는 터빈 하방에 위치된다. 호이스트 피스톤(34)은, 수압을 사용하여, 드래프트 튜브 세그먼트들, 압력 릴리프 밸브 및 엘보에 연결된 전체 펌프-터빈 조립체를 위로 옮기거나 하강시키도록 사용될 수 있다. 상기 호이스트 피스톤(34)은, 방수로 연결부를 가로질러 통과하는 동안 밀봉을 유지하기 위해 상부 시일 링(35) 및 하부 시일 링(36)을 채용할 수 있다.

[0025] (모터-제너레이터 8의) 중공 샤프트(72)는, 응축기로서 기능하는 러너(27)와 관련된 히트 파이프 증발기로서 사용될 수 있다. 전기적 커넥터(73)는 기계가 하강될 때 전기적 리셉터를 조립체(74)와 맞물린다.

[0026] 위킷 케이트 작동 시스템(32)은, 터빈 디퓨저(29)와 펌프 디퓨저 베인들(65) 사이의 중공 공간내에 끼워질 수 있다.

[0027] 위킷 케이트 작동 시스템(32)은, 대향 방향으로 상부 이동 링(75) 및 하부 이동 링(128)을 구동하는 서보 액츄에이터로 구성된다. 이는 크랭크 아암 볼(129)을 회전시키고, 이에 따라 위킷 케이트(28)를 위치시킨다.

[0028] 보어홀(17)은 로크 페이스(77), 그라우트(78) 및 보어홀 라이너(79)(예컨대, 스틸 라이너)와 관련된다.

[0029] 샤프트 시일 조립체(80)는 모터-제너레이터 인클로저를 건조하게 유지한다.

[0030] 도 5c를 참조하면, 위킷 케이트(28)는, 상부 이동 링(75)에 의해 터빈 축에 대해 회전되는 상부 구면 베어링(130)에 안착된 크랭크 아암 볼(129)(여기서는 상부 크랭크 아암 볼)에 의해 회전된다. 하부 크랭크 아암 볼(도 시되지 않음)은, 위킷 케이트(28)에 순수한 토크를 가하기 위해 하부 이동 링(도 5b의 128)에 의해 반대 방향으로 작동된다.

[0031] 도 6을 참조하면, 호이스트 피스톤(34)은 상승 및 하강 동안 모터-제너레이터(8) 및 펌프-터빈(37)을 지지한다.

[0032] 도 6을 참조하면, 파이프, 엘보, 및 압력 릴리프 조립체(44)가 부착된 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)의 유압 상승 및 하강 동안 수직 보어홀(17)을 충전하기 위해 밸브(42)가 사용될 수 있다. 하부 포탈(45)은 건설 단계에서 터널 굴착 기계(TBM)를 진수시키는 역할을 하고 또한 입구 작업을 펌핑하는 역할을 한다. 보막이(headwork)(47)는 건설시 상부 포탈로서 기능하며 보수시 서비스 플랫폼으로 기능한다. 크레인(48)은 유지보수

를 위해 펌프-터빈으로부터 드래프트 투브 세그먼트들, 엘보 조립체 및 압력 릴리프 밸브를 분리하기 위해 사용될 수 있다.

[0033] 도 7을 참조하면, 엘보 조립체(49)가 도시되어 있다. 상부 팽창성 블래더(50)는 상부 단을 밀봉한다. 하부 팽창성 블래더(51)는 하부 단을 폐쇄한다. 엘보(52)는 방수로 도관(40)으로 흐름을 유도한다. 스풀(53)은 보수 동작 동안 펌프-터빈과 함께 주행한다.

[0034] 도 8을 참조하면, 설치에 대한 것이 도시되어 있으며 보어홀(17)이 보막이(55) 아래에 위치된다.

[0035] 도 9를 참조하면, 상기 보어홀(17)이 방수로 포탈(56) 아래에 위치된다.

[0036] 도 10을 참조하면, 상기 보어홀(17)은 보막이(55)와 방수로 포탈(56) 사이의 장소에 위치된다. 오버헤드 크레인(57)은 보어홀(17)로부터 기기의 제거를 용이하게 한다.

[0037] 도 11을 참조하면, 상기 보어홀(17)은, 가압 저수지(58)는 물론 방수로 포탈(59)에 대한 연결을 제공한다. 오버헤드 크레인(57)은 보어홀(17)로부터 기기의 제거를 용이하게 한다.

[0038] 도 12를 참조하면, 상기 가압 저수지(58)의 물(203)이 가압 공기 컬럼(59)과 관련되어 도시되어 있다. 펌프 또는 펌프-터빈(37)은 본 발명에 따라 구성될 수 있고 또는 통상적인 구성에 따를 수도 있다, 공기(59)는 가스 터빈 제너레이터 세트(61)로 공급될 수 있다.

[0039] 도 13을 참조하면, 등온 공기 압축을 제공하기 위해, 압축되는 공기의 스프레이 냉각이 사용될 수 있다.

[0040] 도 14을 참조하면, 보어홀(17)에 위치된 압력 릴리프 밸브(7)가 엘보(52) 및 방수로 도관(40)(여기에서는 수평 방수로 도관)과 관련되어 도시되어 있다. 보어홀 라이너(79)가 도시되어 있다. 도 14의 실시예는 조정 가능한 압력 완화 요소로 작용하는 팽창가능한 블래더(18)(상부 블래더 50 및 하부 블래더 51)를 포함한다. 도 14의 실시예는 작동 중 진동을 줄이기 위한 흐름 분리 제어 펀(151)을 특징으로 한다.

[0041] 도 6, 16, 17 및 18은 많은 가능한 설치 구성들 중 하나를 나타낸다.

[0042] 도 15는, 정상 작동 수압관 압력하에서 밀봉을 생성하기 위해 릴리프 밸브(7)의 팽창 블래더(18)가 밀봉하는 시일 시트(63)의 천공(183)을 도시한다.

[0043] 도 16은, 정상 작동 수압관 압력하에서 밀봉을 생성하기 위해 릴리프 밸브(7)의 팽창 블래더(18)가 밀봉하는 시일 시트(63)의 천공(183)을 도시한다.

[0044] 도 17을 참조하면. 시일 시트(63)가 압력 릴리프 밸브의 일부로서도 작용할 수 있는 다른 실시예를 도시한다.

[0045] 도 18을 참조하면. 보어홀(17)에 위치된 압력 릴리프 밸브(7)가 엘보(52) 및 방수로 도관(40)과 관련하여 도시되어 있다. 보어홀(17)을 라이닝하는 보어홀 라이너(79)는 엘보(52)에 가이드 베인(89)과 같이 도시된다.

[0046] 도 19a 및 19b를 참조하면, 펌프 또는 가역 펌프 터빈을 위한 러너가 도시되어 있으며, 여기에서 흐름은 자오적 평면 내에서 평활한 사인 곡선 경로를 따라 유도된다. 블레이드들은 물 통로를 통해 물을 안내하기 위해 자오적 플랜 내에서 원주 가속도 벡터 및 가속도 벡터를 제공한다. 블레이드 시퀀스는 벡터 합계에 대해 정상일 수 있다. 보다 큰 임펠러가 더 효율적이며 스테이지당 더 높은 헤드를 제공한다. 임펠러는 3D 프린팅으로 가장 양호하게 제조될 수 있다.

[0047] 도 19a 및 19b에는 다단 펌프 터빈의 단일 단(스테이지)이 도시되어 있다. 회전하지 않는 펌프 디퓨저 베인(65)은 디스트리뷰터 허브(31)와 디스트리뷰터 슈라우드(111) 사이에 위치된다. 이들은 러너 블레이드(210)로부터 축방향으로 흐름을 수용하고 흐름을 다시 축방향으로, 다음 단으로 역시 축방향으로 전달한다. 러너 허브(112)와 러너 슈라우드(113) 사이의 회전 러너 블레이드(210)는, 접선 방향으로 힘을 가함으로써 유체에 작업을 전달하는 동시에 자오적 평면 내에서 유체를 처음에는 외측으로, 이후에는 내측으로 안내하여 디퓨저에 들어가는 유체에 앞서 축방향 유체 정렬을 달성하기 위해 도움을 준다. 도 19a에 도시된 바와 같이, 펌프 입구(217)에 가까운 블레이드 부분은 동시에 접선 방향 힘과 방사상 외측 힘을 부여하기 위해 기울어지는 반면, 펌프 출구(216)에 가까운 블레이드 부분은 접선 방향 힘을 계속 부여하면서 동시에 방사상 내향 힘을 부여하기 위해 반대 방향으로 기울어져 후속 디퓨저 스테이지로 축 방향으로 유입되도록 흐름을 정렬하도록 한다. 반대 방향으로 회전하는 펌프 터빈에 의해, 기울어진 블레이드는 자오적 평면 내에서 흐름을 유도할 때 유사한 기능을 수행하지만 유체로부터 에너지를 흡수하기 위해 접선 방향으로 작용한다.

[0048] 도 20은 다수의 펌프 터빈(37)에 공급하기 위해 두 갈래로 갈라진 큰 직경의 수압관(2)을 도시한다.

- [0049] 도 21에 도시된 바와 같이, 압력 릴리프 밸브(7)는 수압관(2)의 압력이 설정점을 초과할 때 수압관(2)으로부터 저압 배관 시스템(136)으로의 흐름을 허용한다. 압력 완화 설정은 고무 블래더(18)와 격납 돔(134) 사이의 캐비티를 가압함으로써 달성된다. 라인 압력이 블래더(18) 위의 압력을 초과하는 경우, 블래더는 천공(183)을 갖는 밀봉 시트(63)로부터 멀어지게 된다. 이는 수압관(2)으로부터 저압 배관 시스템(136)으로의 흐름을 허용할 것이다.
- [0050] 도 21, 22a, 23, 24a, 24b, 25a, 25b, 26a 및 26b에는, 다양한 압력 릴리프 밸브 구성들이 도시되어 있다.
- [0051] 도 22b는 보어홀(17)의 저부에 위치된 토크 키(139)를 도시한다.
- [0052] 도 23에서, 블래더(18)가 천공(183)을 갖는 밀봉 시트(63)로부터 들어올려진 상태에서 개방 상태에 있는 압력 릴리프 밸브가 도시되어 있다.
- [0053] 도 24a 및 24b는 압력 릴리프 밸브 및 스플리터 베인을 도시한다.
- [0054] 도 27b를 참조하면, 다수의 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)는 격벽(140)상에, 공통 수압관(2) 및 방수로 도관(40)을 공유하는 것으로 도시되어 있다.
- [0055] 도 27a는 도 27b에 도시된 A-A 부분의 단면도이고, 격벽(140)상에, 드래프트 튜브(211) 주위에 동일한 보어홀(17)에 함께 설치된 다수의 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)(여기서는, 침수 가능)를 도시한다.
- [0056] 도 28 내지 30은 공통 보어홀(17)의 격벽(140)에 설치하도록 구성된 펌프-터빈을 도시한다. 도 30은 위킷 게이트 대신 실린더 게이트(204)를 도시한다.
- [0057] 도 31을 참조하면, 모터-제너레이터(95)(예를 들어, 중간/고전압 영구 자석 모터-제너레이터) 및 저장 전력 장치(98), 예를 들어 배터리 어레이가 단일 캐스케이드 멀티레벨 전력 변환기를 통해 유트리티 그리드(90)에 연결된다. 전력 변환기는 위상이동 입력 변압기(92), 회생 가능 프런트 엔드(93)를 포함하는 파워 셀, DC 버스(96) 및 부하측 인버터(94)를 포함한다. 각 파워 셀의 DC 버스는 차단 스위치(97)를 통해, 배터리 어레이와 같은 저장 전력 장치(98)에 연결된다.
- [0058] DC 버스(96) 전압은 모터-제너레이터(95)에 의한 전력 소비 또는 발전과는 독립적으로, 저장 전력 장치(98), 예를 들어 배터리 어레이를 충전 또는 방전하기 위해 작동 중에 능동적으로 관리된다.
- [0059] 도 32를 참조하면, 모터-제너레이터(95)예컨대, 저전압 영구 자석 모터-제너레이터) 및 저장 전력 장치(98), 예컨대 배터리 어레이가 단일의 2-레벨 전력 변환기를 통해 급전망(90)에 연결된다. 상기 전력 변환기는, 라인측 리액터를 갖는 액티브 프론트 엔드(93), DC 버스(96), 및 모터측 2-레벨 인버터(94)를 포함한다. 상기 전력 변환기는, 분리부(100) 및 스텝-업 트랜스(99)를 통해 급전망에 연결된다. 상기 DC 버스(96)는 분리 스위치(97)를 통해 저장 전력 장치(98)에 부착된다. DC 버스(96)의 전압은, 모터-제너레이터(95)에 의한 전력 소비 또는 생성과 독립적으로 저장 전력 장치(98)를 충전 또는 방전시키기 위한 작동 시 능동적으로 관리된다.
- [0060] 도 33을 참조하면, 모터-제너레이터(95)(예컨대, 영구 자석 모터-제너레이터) 및 저장 전력 장치(98)가, 병렬 및 독립 전력 변환기들을 사용하여 급전망(90)에 연결된다. 상기 변환기들은 보호 기능들을 채용한 개별적 분리부(91)를 사용하여 연결될 수 있다. 상기 모터-제너레이터(95)는 AC/AC 전력 변환기(102)를 사용하여 연결된다. 상기 저장 전력 장치(98)는 DC 버스 분리부(들)를 통해 그리드-타이 인버터(101)에 연결된다. 스텝-업 트랜스(99)는 인버터(101) 출력을 그리드 전압으로 증가시킨다. 선택적으로, 분리부(100)는 트랜스(99)와 배터리 인버터(101) 사이에 위치된다.
- [0061] 도 34을 참조하면, 중간/고 전압 이중 여자기(doubly-fed induction machine)(103) 및 저장 전력 장치(98)가 급전망(90)에 연결된다. 상기 전기 기계의 회전자(로터) 권선은 도 31에 개시된 바와 같이 저장 전력 장치가 연결된 캐스케이드 다중 레벨 AC/AC 전력 변환기에 연결된다. 상기 전기 기계의 고정자 권선은 분리부(104)를 통해 급전망에 연결된다.
- [0062] 도 35를 참조하면, 중간/고 전압 이중 여자기(103) 및 저장 전력 장치(98)가 급전망(90)에 연결된다. 상기 전기 기계의 회전자 권선은 도 32에 도시된 바와 같이 저장 전력 장치가 연결된 저 전압 2-레벨 AC/AC 전력 변환기에 연결된다. 상기 전기 기계의 고정자 권선은 분리부(104)를 통해 급전망에 연결된다.
- [0063] 도 36을 참조하면, 중간/고 전압 이중 여자기(103) 및 저장 전력 장치(98)가 급전망(90)에 연결된다. 상기 전기 기계의 회전자 권선은 AC/AC 전력 변환기에 연결된다. 상기 전기 기계의 고정자 권선은 분리부(104)를 통해 급전망에 연결된다. 상기 저장 전력 장치는 도 33에 도시된 바와 같이 분리 및 독립된 DC/AC 인버터(101)에 연결

된다.

[0064] 도 37을 참조하면, 다중 모터-제너레이터들(95)이, 동시에 닫힘(closure)을 방지하기 위해 연동되는 순방향/역방향 선택 접촉기들(106/107)과 연관되어 직접 온-라인 접촉기들(105)을 사용하여 어떤 직접 동시 접속을 허용하는 구성으로 급전망(90)에 연결된다. 펌핑 또는 생성 모드로 동시 속도까지 전기 기계를 야기하거나, 또는 동시에 속도 이외의 가변 속도로 동작하도록 하기 위해 재생성 전력 변환기들(102)이 사용될 수 있다. 위상이동 입력 트랜스(92)는 변환기(102)의 액티브 프론트 엔드를 분리부(91)를 통해 급전망에 연결한다. 분리부들(108)의 매트릭스는 임의의 전기 기계가 임의의 전력 변환기를 사용하여 동작 또는 개시되도록 한다.

[0065] 도 38을 참조하면, 발명 기술의 일반적인 배치 도면이 도시되어 있다. 발전 모드에서, 물은 가이드 베인(89)을 가는 피트리스 어댑터(218)를 통해 안내되기 전에 스텁 밸브(42)(여기서는 구형)를 통해 수압관(2) 아래로 흐른다. 물은 플로우 인버터(115)에 도달할 때까지 내측 수직 통로 아래로 흐른다. 플로우 인버터는, 펌프 출구 파이프에 연결되며, 물이 펌프 터빈에 들어가기 전에 고압 내측 통로 흐름을 외측 환형부로 향하게 한다. 펌프-터빈(37) 아래에는 모터-제너레이터(8)가 있다. 보조 기기 인클로저(121)는 모터-제너레이터(8) 아래에 있다. 펌프-터빈(37)은 침수 깊이(144)만큼 하부 저수지의 수면 아래에 위치된다. 방수로 게이트(143) 및 펌프-터빈 디퓨저 조립체(209)도마찬가지이다.

[0066] 도 39를 참조하면, 펌프 터빈 러너 블레이드(210) 및 펌프 디퓨저 베인(65)의 일례가 도시되어 있다.

[0067] 도 40a, 40b 및 40c를 참조하면, 본 발명의 실시예는 도 40c에 나열된 분석적으로 예측된 성능 파라미터와 함께 도시된다. 도 40a는 블레이드(210)를 갖는 러너(27) 및 및 펌프 디퓨저 베인(65)의 자오적 단면도를 도시한다. 도 40b는 러너(27) 및 펌프 디퓨저 베인(65)의 3D 모델을 도시한다. 도 40a로부터 알 수 있는바와 같이, 일 실시예에서 디퓨저의 외측 디퓨저 반경은 임펠러의 외측 임펠러 반경과 같을 수 있는바, 디퓨저의 외측 디퓨저 반경은 임펠러의 외측 임펠러 반경보다 크지 않을 수 있다. 상기 디퓨저는 상기 임펠러 입구 주위에 배치된다. 상기 임펠러는 환상 임펠러를 포함한다. 한편, 상기 모터-제너레이터는 상기 임펠러보다 높은 고도에 위치되고, 상기 수압관 연결부보다 높은 고도에 위치되며, 상기 방수로 연결부보다 높은 고도에 위치될 수 있다.

[0068] 도 41은 2차 호이스트 피스톤(88)을 갖는 본 발명의 실시예를 도시한다.

[0069] 도 42a에는, 가역 펌프 터빈이 보어홀(17)의 저부에서 동작 위치에 있는 것으로 예시되어 있다. 주 전원 도관(145)은, 바람직하게는, 보조 기기 인클로저(121) 내에 위치된 주 전원 커넥터(73)로 전력을 전달한다. 슬립 링(120)(사용되는 경우)도 바람직하게는 보조 기기 인클로저(121) 내에 위치된다. 스러스트 베어링(122) 및 하부 가이드 베어링(222)은 보조 기기 인클로저(121) 위에 도시되어 있다. 모터-제너레이터 회전자(123)는 히트 파이프(예를 들어, 중공 모터-제너레이터 샤프트)(72)를 포함할 수 있으며 상기 히트 파이프로부터 회전자(123) 내에서 증발된 작동 유체가 상승하여 러너 내에서 응축된다. 고정자(124)와 회전자(123)는, 아웃보드 샤프트 시일(80a), 상부 가이드 베어링(125) 및 인보드 샤프트 시일(80b)에 의해 물로부터 격리된다. 펌핑 모드에서, 러너(27)는 드래프트 투브(211)로부터 물을 받아 펌프 디퓨저 베인(65)을 통해 배출한다. 발전 모드에서, 러너(27)는 펌프 디퓨저 베인(65)으로부터 물을 받아 드래프트 투브(211)로 배출한다. 도 5a 및 5b는 생성 흐름 및 파워 출력을 조절하기 위해 통합되고 사용될 수 있다.

[0070] 도 42b를 참조하면, 적층시, 도 42a는 펌프 터빈 설비의 수직 범위를 도시하며, 바람직하게는 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1) 바로 위에 위치하고, 고압 흐름을 수압관(2)으로부터 펌프-터빈(37)의 외측 고압 수로로 유도하고 펌프 디퓨저 베인(65)을 통하는, 플로우 인버터(115)를 도시한다. 방수로 가이드 베인(89)은 방수로 도관(40)과 환형부(202) 사이에서 물을 안내한다. 이러한 배치는, 수압관(2)의 외부가 아니라 내부에 더 높은 압력의 물을 위치시키고, 그에 따라, 버클링에 저항하기 위해 보다 두꺼운 벽 두께를 갖는 것을 필요로 하는 수압관(2)으로부터의 외부 압력을 제거한다. 공기 평형식 압력 릴리프 밸브(7)는, 환형부(202)를 통해 방수로 도관으로의 부하 제거 동안 발생하는 높은 수압관 압력을 완화한다. 도 42b는 또한, 트래시 스크린(201) 및 방수로 게이트(143)를 도시한다.

[0071] 도 43을 참조하면, 본 발명에 따른 내침형(침수형) 가역 펌프 터빈(37)이 도시되어 있다. 발전 모드에서 디퓨저(29)로서 기능하고 펌핑 모드에서 입구 노즐로서 기능하는 드래프트 투브(211)는 펌프 디퓨저 베인(65)을 갖는 디퓨저(29) 내측에 위치된다. 러너(27)는 모터-제너레이터 회전자(123)를 지지하는 모터-제너레이터 샤프트(72)(및 히트 파이프)에 부착된다. 모터-제너레이터 고정자(124)는 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)를 둘러싸는 물로 전도냉각될 수 있다. 전력은 전기 커넥터(73)를 통해 기계로부터 전달될 수 있다.

- [0072] 도 44a에는, 본 발명에 따른 플로우 인버터(115)의 기하학적 구조가 단면 A-A 내지 K-K를 통해 도시된다. 인접한 단면들 사이의 평활한 천이에 의해 나타낸 바와 같이, 이와 같이 형성된 수로(물 통로)는, A-A 부분의 외부 환형부에서의 흐름이 K-K 부분의 중앙에 있는 내부 통로로 이동하면서, A-A 부분 중앙의 내측 통로를 K-K 부분의 외부 환형부로 이동하는 과정 동안 수두 손실이 최소화된다. 각각의 흐름 경로의 단면은 플로우 인버터의 길이에 걸쳐 균일하게 유지될 수 있는 반면 압력 구배는 흐름 분리 및 수반되는 수두 손실을 방지하기 위해 최소화될 수 있다.
- [0073] 도 44b를 참조하면, 본 발명에 따른 플로우 인버터는 수압관(2) 및 펌프 터빈(37)에 대해 바람직한 위치에 있는 것으로 도시되어 있다.
- [0074] 도 45를 참조하면, 본 발명에 따른 가역 펌프-터빈 및 모터-제너레이터 조립체(1)는 (수중형 대신) 위치되는 종래의 수직 공냉식 모터-제너레이터에 대해 도시되어 있다. 이 구성은, 콘크리트 타설의 많은 양의 굴착을 필요로 하지 않는 것 외에, 수중형 제너레이터 및 관련 기계 샤프트 시일들을 필요로 하지 않으면서 러너(27)에 침수를 가능케 한다. 스텁 밸브(42)(여기서, 구형)는 내압(pressure tight) 라이너(79)로 보어홀(17)로의 흐름을 제어한다. 펌프 터빈 샤프트(233)는 러너(27)를 제너레이터 로터(123)와 연결한다. 제너레이터 고정자(124)는 바람직하게는 제너레이터 고정자(124)의 제거 없이 서비스하기 위해 러너(27)를 제거할 수 있도록 충분히 큰 직경을 갖는다. 가이드 베어링(125)은 물로 윤활될 수 있다. 프트리스 어댑터(218)는 보어홀 내에 드래프트 튜브(211) 및 방수로 가이드 베인(89)을 밀봉하도록 사용될 수 있다.
- [0075] 도 46a에는, 본 발명에 따른 펌프 터빈 러너의 고속, 중속 및 저속의 특정 속도 실시예의 자오적 단면이 도시되어 있다. 도 46b는 중간의 특정 속도 실시예의 자오적 단면을 도시한다.
- [0076] 상기 설명으로부터 용이하게 이해될 수 있는 바와 같이, 본 발명의 기본 개념은 다양한 방법으로 구현될 수 있다. 이는, 적절한 물 제어 또는 작동을 달성하기 위해 물 제어 기술들과 액튜에이터 및 장치들을 수반한다. 이 적용예에 있어서, 상기 물 제어 기술들은 상기한 각종 장치들에 의해 달성되도록 도시된 결과들의 일부로서 또한 이용에 있어서 고유한 단계들로서 기술된다. 이들은 단순히 의도되고 기술된 바와 같은 장치들을 이용하는 결과이다. 더욱이, 어떤 장치들이 기술되었으나, 이는 이들이 어떤 방법들을 달성하는 것은 물론 수많은 방법들로 변경될 수 있다는 것을 이해해야 할 것이다. 중요한 것은, 상기 모든 것들에 대해, 이들 관점의 모든 것이 본 발명에 의해 망라되는 것을 이해하여야 할 것이다.
- [0077] 본 출원에 포함된 기술은 기본적 설명으로서만 작용한다. 독자는, 특정 설명이 가능한 한 모든 실시예들을 명쾌하게 기술하지 않았을 수도 있고, 많은 변형예들이 가능함을 알아야 한다. 또한, 본 발명의 본질에 대해 전체적으로 설명하지 않았을 수도 있고 각종 특징 또는 요소가 실제로 광범한 기능 또는 매우 다양한 변경 예 또는 등가 요소들을 어떻게 나타내는지 명쾌하게 설명하지 않았을 수도 있다. 재차 강조하면, 이들은 본 발명에 명확히 포함된다. 본 발명이 장치 지향적 용어들로 기술되었으나, 장치의 각 요소는 기능을 명확히 수행한다. 장치의 청구항은 기술된 장치에 포함될 수도 있음은 물론, 방법 또는 공정 청구항들은 본 발명의 기능을 처리하고 각각의 요소가 행하는 것을 위해 포함될 수도 있다. 상기 설명 및 용어 모두 본 발명에 포함된 청구항들의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0078] 또한, 본 발명의 본질을 벗어나지 않고 다양한 변경들이 행해질 수 있음을 이해해야 한다. 이와 같은 변경들 역시 명백히 본 발명에 포함되는 것이다. 이들은 본 발명의 범위 내에 있다. 도시된 명백한 실시예(들), 매우 다양한 명백한 대안적 실시예들, 및 광범한 방법들 또는 공정들 등을 모두 망라하는 광범위한 설명이 본 발명에 의해 포함되며, 이는 본 특허 출원에 대한 청구범위에 따를 수 있다. 상기와 같은 언어적 변경 및 광범위한 청구는 본 출원에 의해 달성되는 것을 이해해야 한다. 본 특허 출원은 출원인의 권리 내에 들어가는 것으로 청구항들의 기본을 망라하는 시험을 추구하며 독립적 및 전체적 시스템 모두 본 발명의 수많은 관점을 포괄하는 특허를 달성하도록 디자인된다.
- [0079] 더욱이, 본 발명 및 청구항들의 각종 구성 요소들의 각각은 다양한 방식으로 달성될 수 있다. 본 발명은, 각각의 변형예가 임의의 장치의 실시예, 방법 및 공정 실시예의 구현에 대한 변형예로 되거나 또는 이들의 임의의 구성 요소의 단순한 변경으로 되는 것을 포괄하도록 이해되어야 한다. 특히, 본 발명이 발명의 구성 요소들에 관한 것이기 때문에, 단지 기능 또는 결과들이 같더라도, 각각의 구성 요소에 대한 단어들이 균등한 장치 용어들 또는 방법 용어들로 표현될 수 있다. 이와 같은 균등물, 보다 넓고 보다 균원적인 용어들은 각 구성 요소 또는 동작의 설명에 있어서 포괄되는 것으로 고려되어야 한다. 이와 같은 용어들은, 본 발명이 명명되는 암시적인 넓은 범위를 분명하게 하도록 바람직한 것으로 치환될 수 있다. 그러나, 일 실시예로서, 모든 작동들이, 작동을 행하기 위한 수단으로서 또는 작동을 야기하는 한 구성 요소로서 표현될 수 있음을 이해해야 할 것이다. 이와

유사하게, 기술된 각각의 물리적 구성요소들은, 물리적 구성요소가 가능하게 되는 동작의 설명을 포괄하도록 이해되어야 한다. 하나의 실시예로서, 이 마지막 관점에 대해, "작동(actuating)하기 위한 수단" 또는 "액튜에이터"는 명백히 기술되어 있는 지의 여부에 무관하게, "작동"의 동작을 설명을 포괄하는 것으로 이해되어야 하며, 반대로, 이는 "작동"의 동작의 설명이 있더라도, 이와 같은 설명은 "액튜에이터" 및 "작동하기 위한 수단"의 기술을 포괄하는 것으로 이해되어야 한다. 이와 같은 변경 및 대안적 용어들은 본 명세서에 포함된 구성들을 명백히 석명하는 것으로 이해되어야 한다.

[0080] 본 명세서에 참조로서 또한 산업 관행과 관련하여 포함된 자료에 따르면, 유체에 일을 전달하는 펌프, 송풍기 또는 압축기의 회전 요소는 일반적으로 "임펠러"라고 지칭하며 유체로부터 일을 추출하는 터빈의 회전 요소는 일반적으로 "러너" 또는 "터빈 휠"이라고 지칭한다. 이 용어는 양방향(펌프 또는 터빈)으로 작동할 수 있는 가역 기계의 경우 상호 교환적으로 사용할 수 있다.

[0081] 특허를 위해 본 출원에 개시된 특허 또는 특허들, 공개공보 또는 다른 참조 문헌들에 기술된 법, 법규, 규정 또는 규칙의 임의의 실행은 참고로 본 명세서에 채용된다. 또한, 사용된 각각의 용어에 대해, 본 출원에 있어서의 그의 이용이 이와 같은 설명과 불일치하지 않는 한, 각각의 용어 및 모든 정의들, 대안적 용어들, 및 랜덤 하우스 웹스터 언어브리지드 딕셔너리(Random House Webster's Unabridged Dictionary)(제2 판이 참고로 본 발명에 채용됨)에 포함된 동의어들에 대해 채용되는 것으로 이해되어야 한다. 끝으로, 본 출원에 의해 제출되는 특허 출원 또는 다른 정보 진술서에 따라 참고로서 채용될 참고자료에 기록된 모든 참고사항들을 이하에 첨부하며 참고로 채용된다. 그러나, 상기 각각에 대해, 참고자료로 채용되는 이와 같은 정보 또는 진술서에 있어서, 진술이 출원인(들)에 의해 행해지는 것으로 고려되지 않도록 표현되는 이/이들 발명(들)의 특허와 불일치하는 것으로 고려되는 범위까지 포괄한다. 과학 또는 기술 문서 등과 같은 비특허 문헌의 인용된 저작물은 해당 법률에 따라 저작권 보호 및/또는 서면 저작물에 대한 기타 적절한 보호 대상이 될 수 있다. 저작권이 있는 텍스트는 저작권 소유자의 명시적인 허가 없이 다른 전자 출판물이나 인쇄 출판물에 복사 또는 사용되거나 재배포될 수 없다.

[0082]

미국 특허들

특허 번호	코드 종류	발행일	인용된 문헌의 특허권자 또는 출원인명
4416328		1983-11-22	Baski
8823195	B2	2014-11-02	Legacy
6250887	B1	2001-06-26	Kuwabara et al.
7092795	B2	2006-08-15	Kuwabara
4538957		1985-11-03	Yamagata et al.
8215104	B2	2012-07-10	Riley
8193652	B2	2012-06-05	Paoli
4272686		1981-06-09	Suzuki
5561358		1986-10-01	Kuwabara et al.
3614268		1971-10-19	Merenda
4275989		1981-06-30	Gutierrez Atencio
6820333	B2	2004-11-23	Shimmei et al.
3810717		1974-05-14	Rakcevic
3794456		1974-02-26	Jelusic
4008010		1977-02-15	Fauconnet
8193652	B2	2012-06-05	Paoli
4496845		1985-01-29	Ensign et al.
4217077		1980-08-12	Brear
4431446		1984-02-14	Yamamoto et al.
2246472		1941-06-17	Sharp
9683540	B2	2017-06-20	Winkler et al.
4214104		1984-11-18	Kawabara
9494164	B2	2016-11-15	Baski
8485250	B1	2013-07-16	Rose
6311770	B1	2001-11-06	Mullis

[0083]

미국 공개 공보들

공개 번호	코드 종류	공개일	인용된 문헌의 특허권자 또는 출원인명
20160341173	A1	2016-11-24	Coulon
2008056083	A3	2008-05-15	Paoli
20170023008	A1	2017-01-26	Kadowaki
20180040226	A1	2018-02-08	Zhang et al.

[0085]

[0086]

## 외국 특허들

외국 특허 번호	국가 코드	코드 종류	공개일	인용된 문헌의 특허권자 또는 출원인명
2017093016	WO	A1	2017-08-06	VOITH Patent GMBH
103759069	CN	A	2014-04-30	
2013132098	WO	A2	2013-12-09	ABB Technology AG
20040064666	KA	A	2004-07-19	Cho
1289869	CA		1991-10-01	Morizot

[0087]

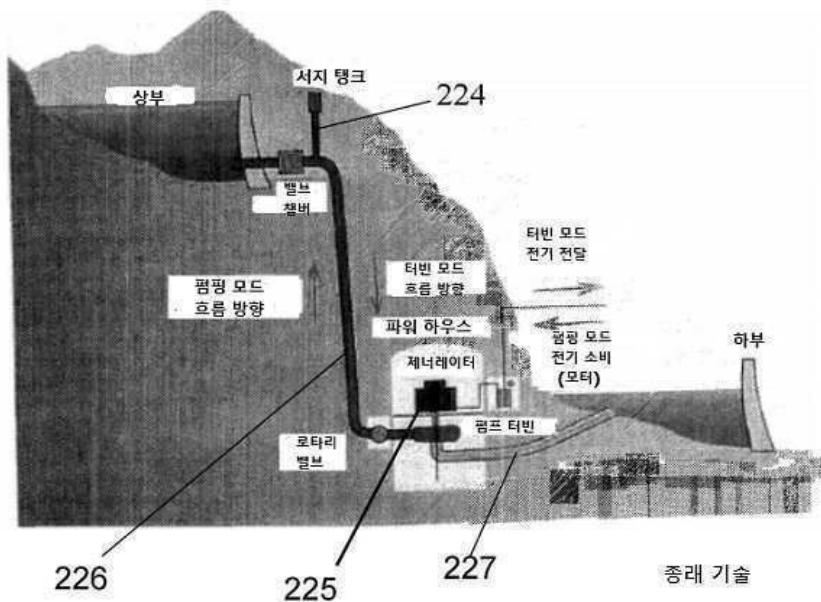
## 비)특허 문헌들

ERICKSON, B, Future Directions in Wind Power Conversion Electronics, ECE Department, University of Colorado, Boulder, Downloaded 04/28/2018
ABB VM1 Medium voltage vacuum circuit breakers
with magnetic drive 12...24 kV - 630...4000 A - 16...50 kA, Brochure, copyright 2018
SHUBBRA (MIEEE, LMIETE), MATLAB/Simulink Based Model for 25 kV AC
Electric Traction Drive, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181IJERTV3IS051344, Vol. 3 Issue 5, May - 2014
WANG, D; YANG, J; CHEN, Z; MAO, C; LU, J, A Transformerless Medium Voltage Multiphase
Motor Drive System, Energies 2016, 9, 323; doi:10.3390/en9050323, 27 April 2016
Allen-Bradley, Brochure, Understanding Regeneration, Publication 1336R-WP002A-EN-P — February 2001
Getzlaff, Fundamentals of Magnetics, Copyright 2004
Original Faesch & Piccard Design of Wheel-pit for Power House Number One,
MAHARJAN, N; CHITRAKAR, S; KOIRALA, R, Design of Reversible Pump Turbine for its prospective application in Nepal, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 7, July 2014
Five In focus – new pump storage schemes, December 2010
INGRAM, E, Worldwide Pumped Storage Activity, Sept. 2010
BEYER, T, Goldisthal Pumped-Storage Plant: More than Power Production, Hydropwrl.com, March 2007
Estimating Reversible Pump-Turbine Characteristics, US Dept of the Interior Bureau of Reclamation, A Water Resources Technical Publication, Engineering Monograph No. 19, Dec. 1977
Analysis of a Static Start-up Control Strategy for Pumped Storage Power Plant Unit, Physics Procedia, Volume 24, 2012
HydraForce-RVCV56-20 – Relief Direct Acting, Anti-cavitation, 2013
BUDNIS, A, Using Pumps as Power Recovery Turbines, WaterWorld
Transformer and Inductor Design Handbook-Chapter 1
Eagle Mountain Pumped Storage Project No. 13123
Final License Application, Volume 1 of 6, Exhibits A and B, Submitted to: Federal Energy Regulatory Commission, Submitted by: Eagle Crest Energy Company, June 2009
Pumped storage machines, Reversible pump turbines, Ternary sets and Motor-generators, Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG
LEVETT, D; FRANK, T, Cascade Topology-Based Medium Voltage Motor Drives: Operation Theory and Silicon Options; July 2017
YANG, X; PATTERSON, D, HEDGINS, J, Digital Communication @ University of Nebraska, Lincoln, permanent Magnet Generator design and Control for LargeWind Turbines, 2012
GE Power Generators, Brochure, November 2015

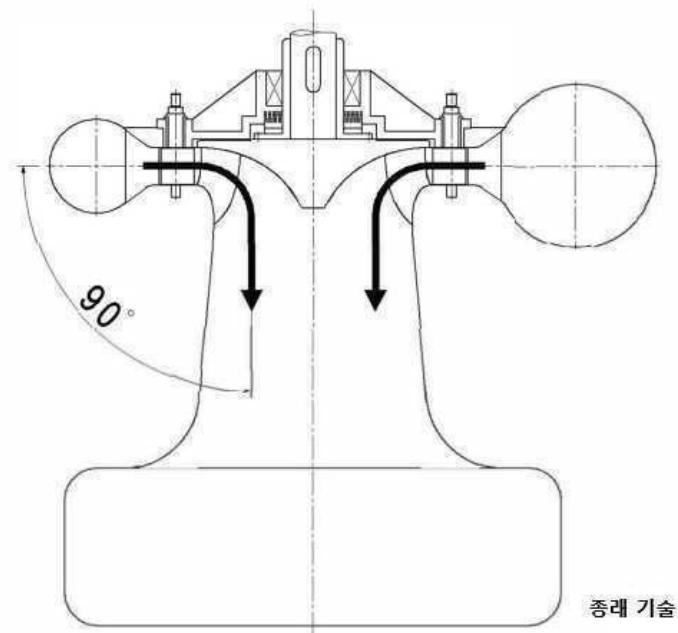
[0089]

도면

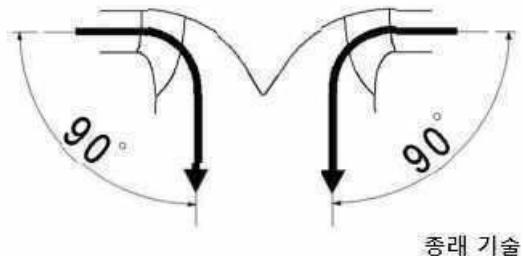
도면 1a



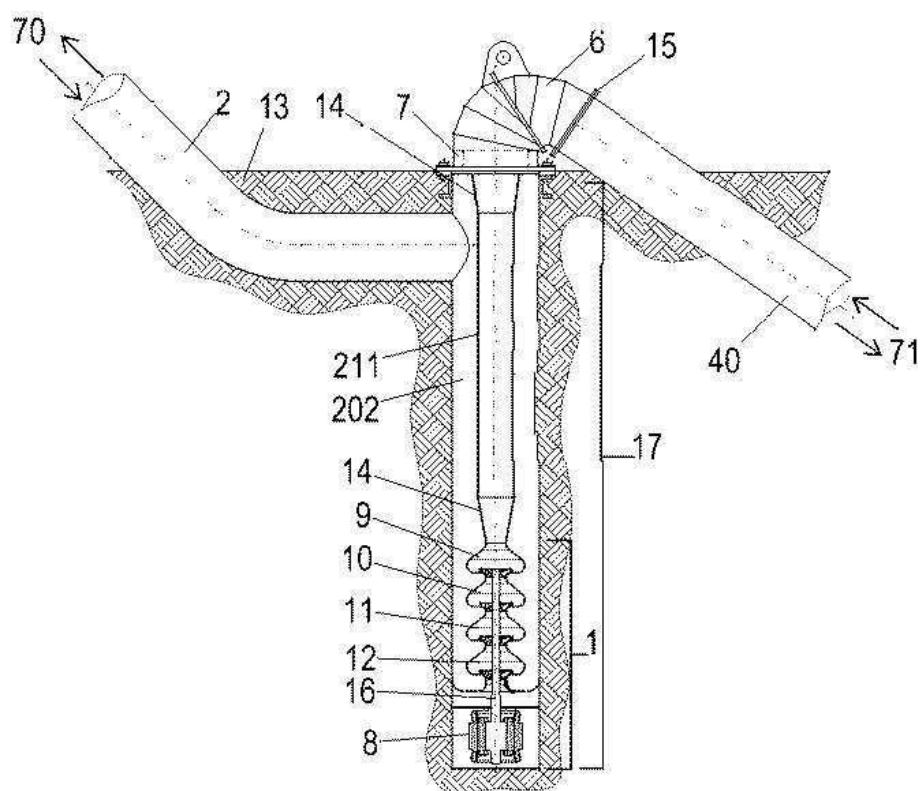
도면 1b



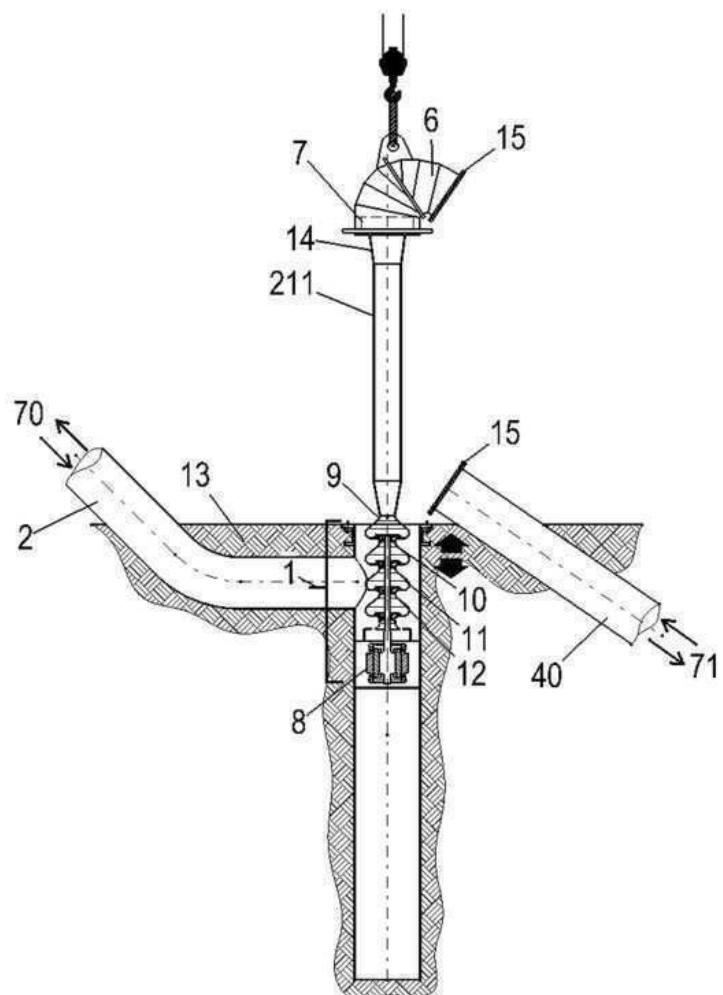
도면1c



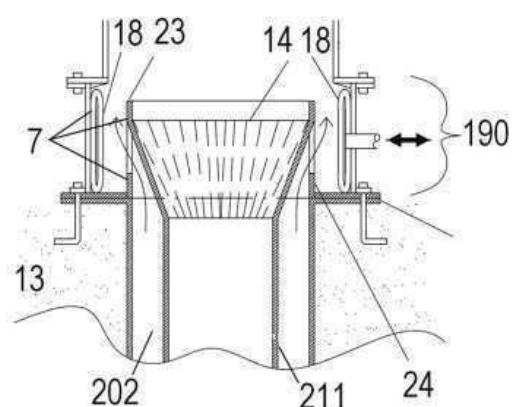
도면2



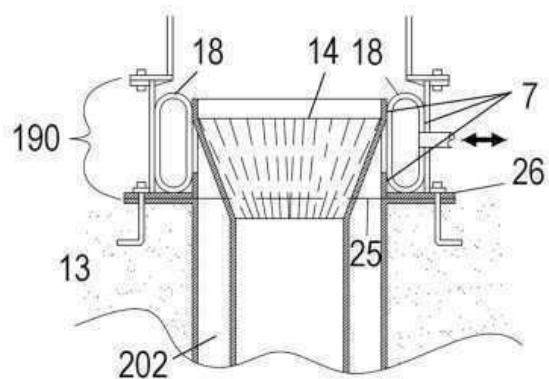
도면3



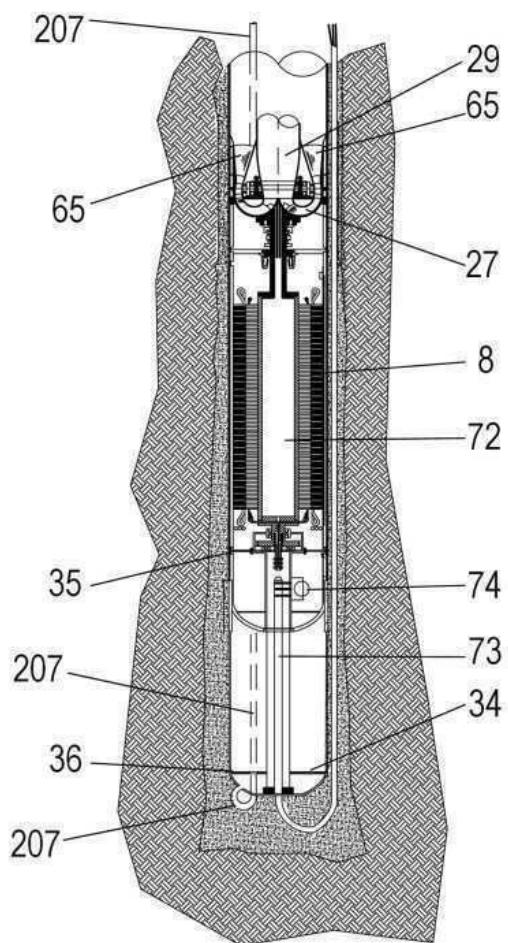
도면4a



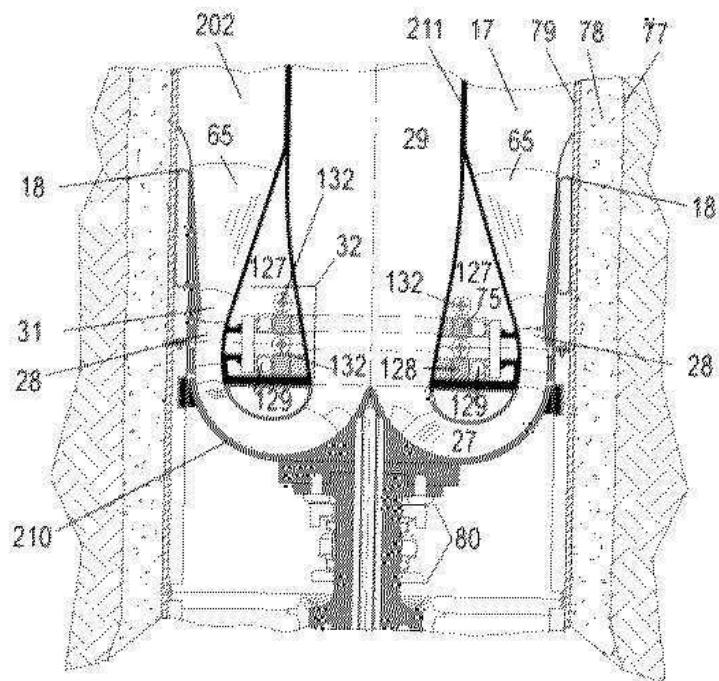
도면4b



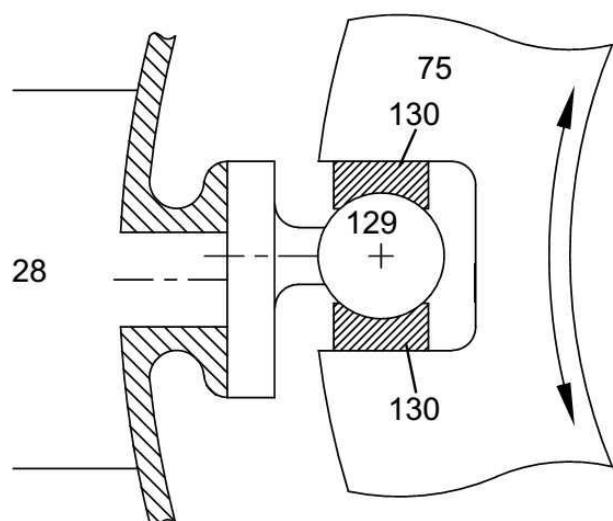
도면5a



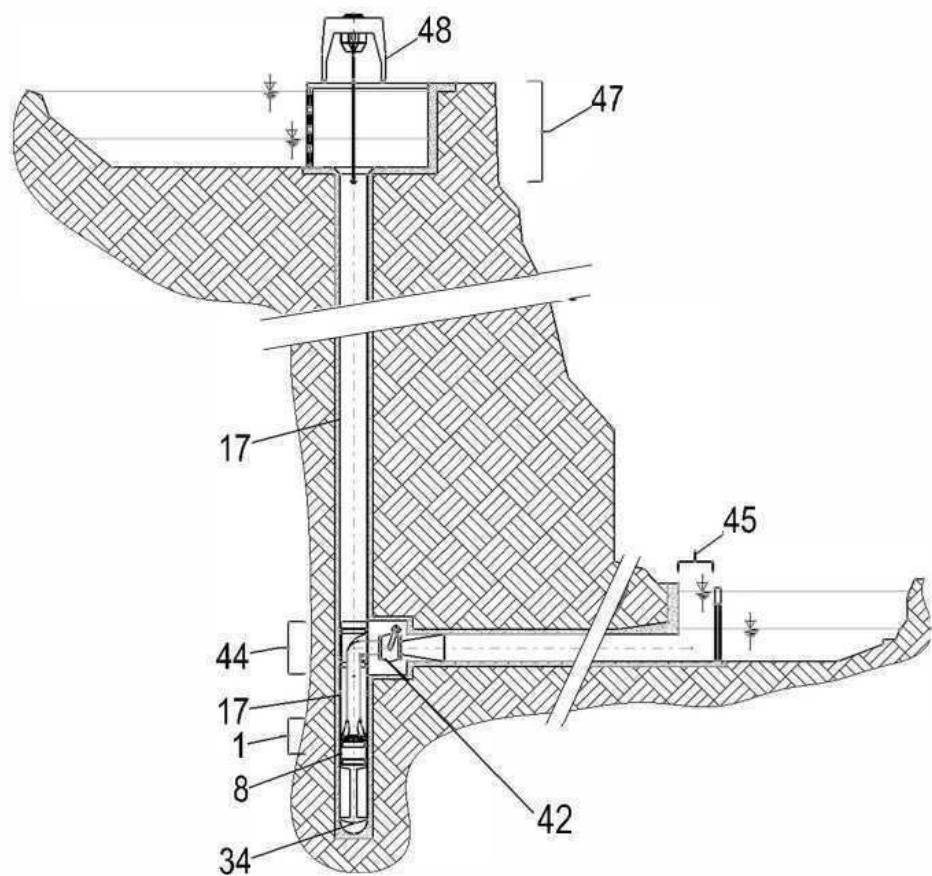
도면5b



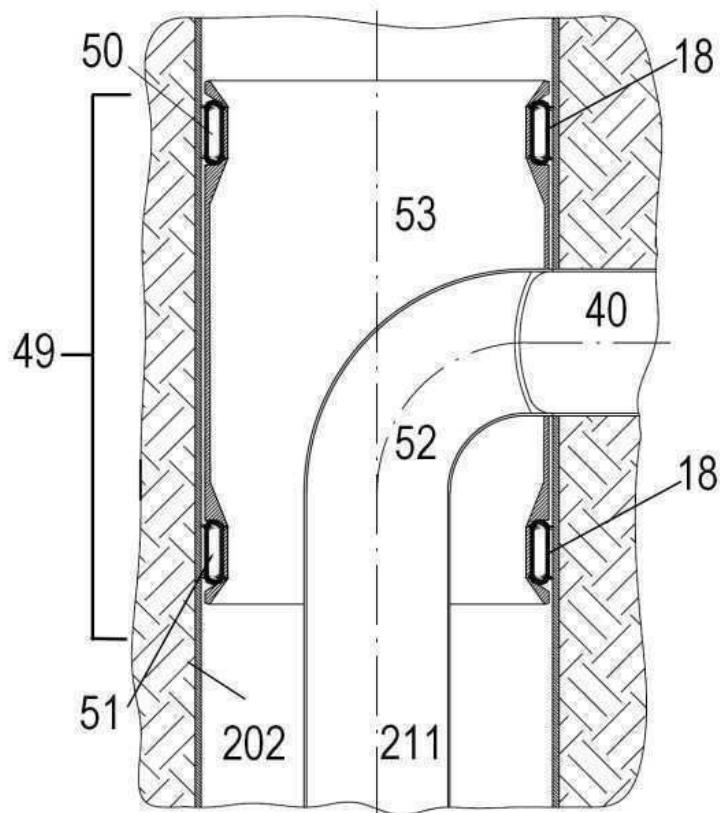
도면5c



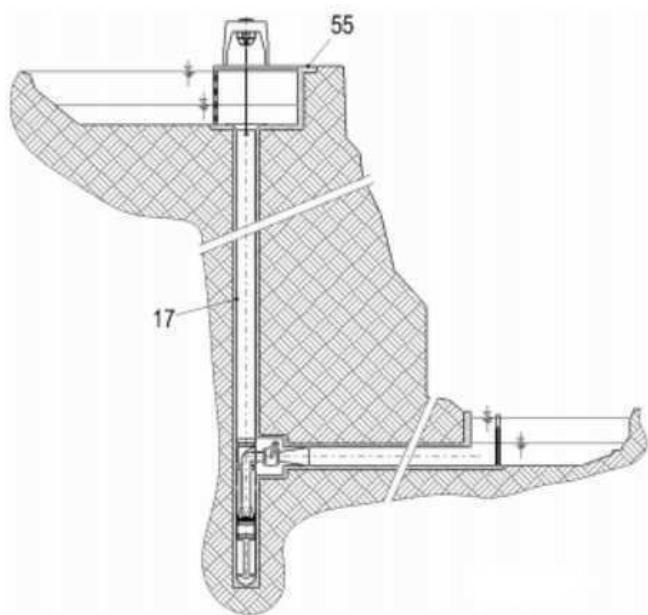
도면6



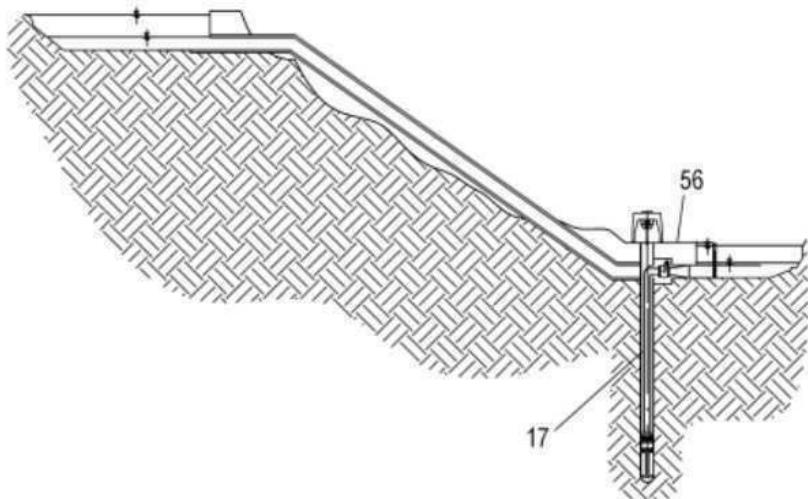
도면7



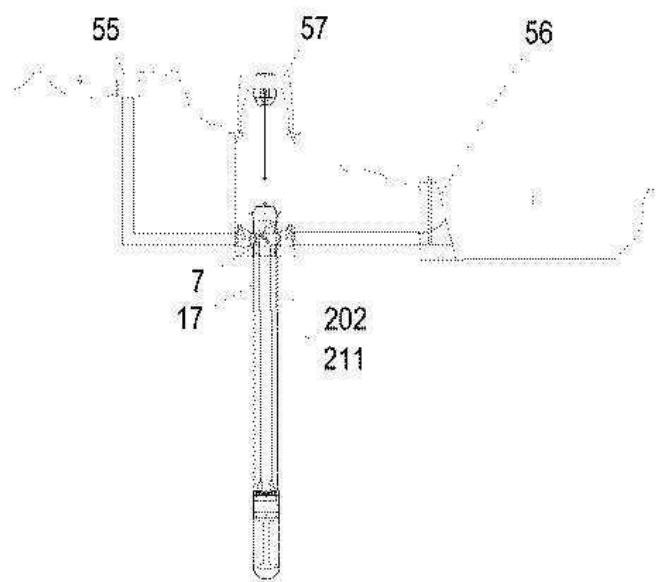
도면8



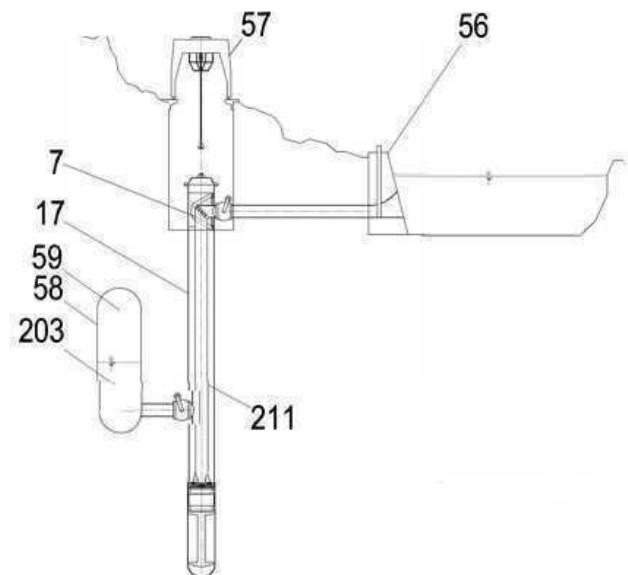
도면9



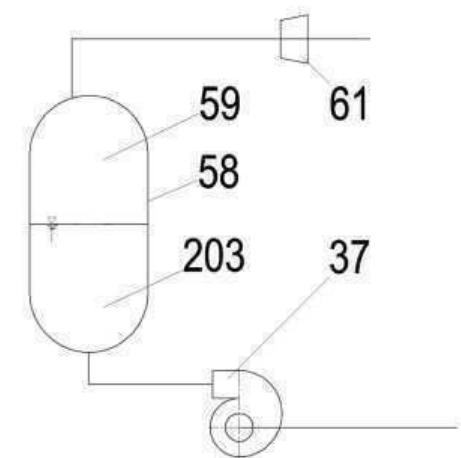
도면10



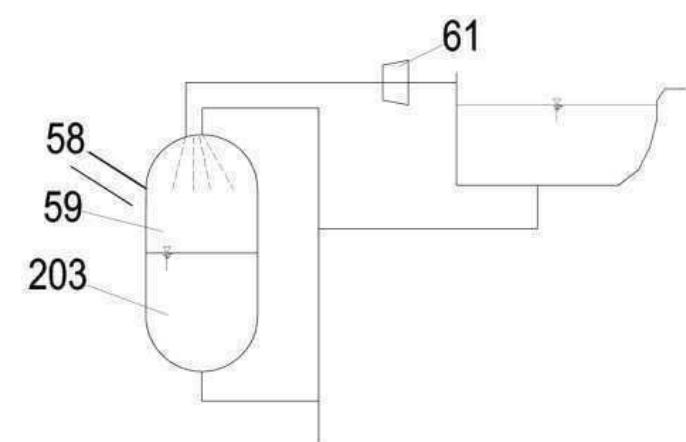
도면11



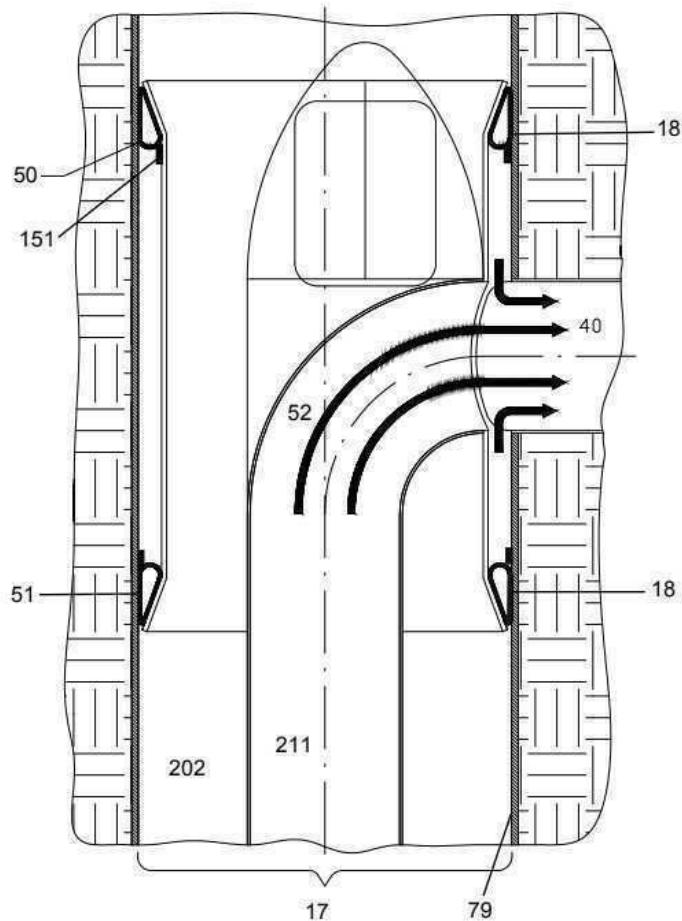
도면12



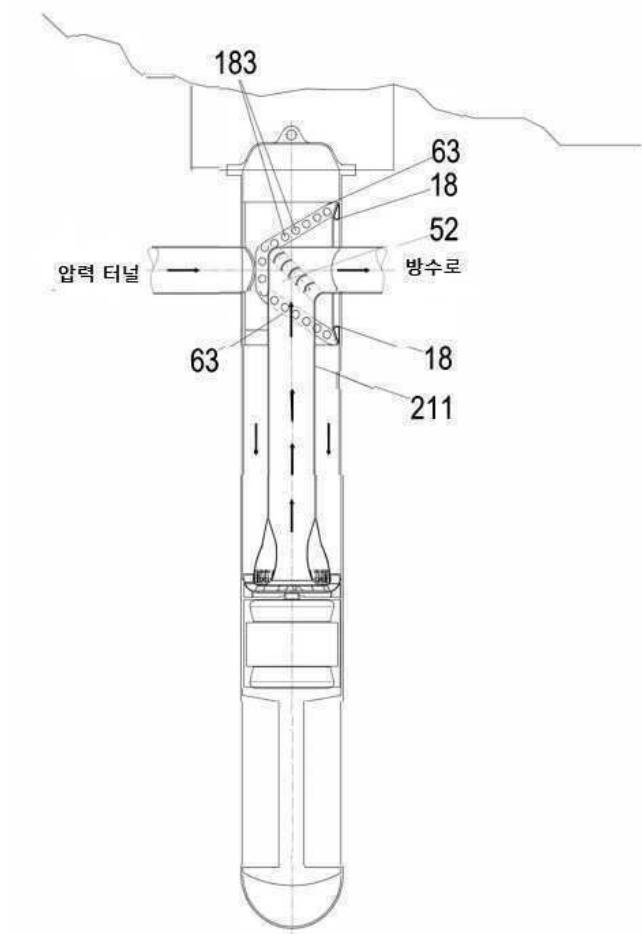
도면13



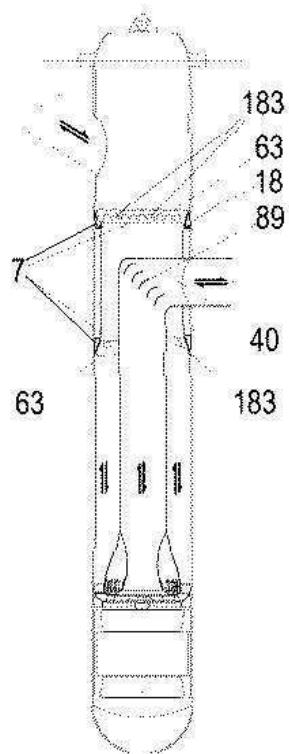
도면14



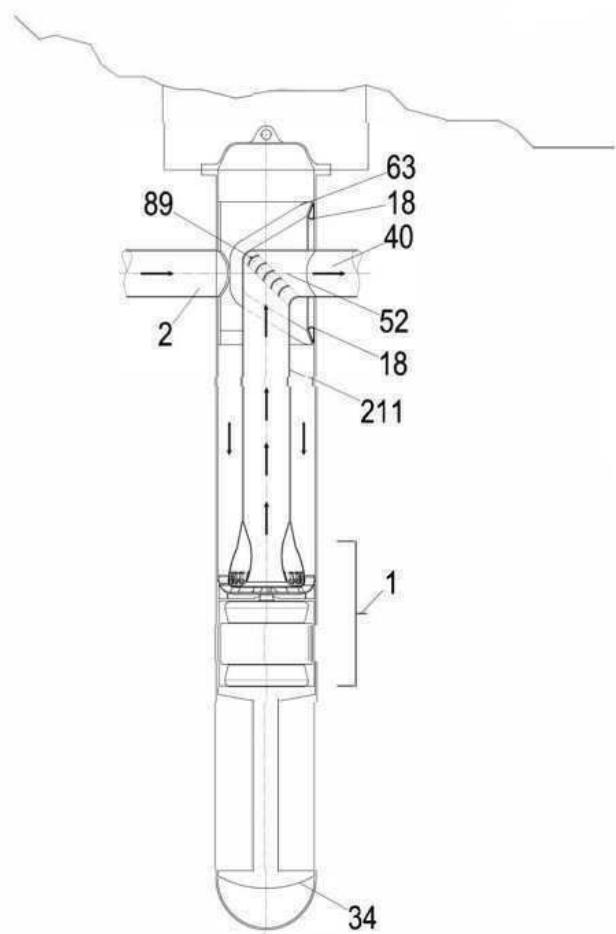
도면15



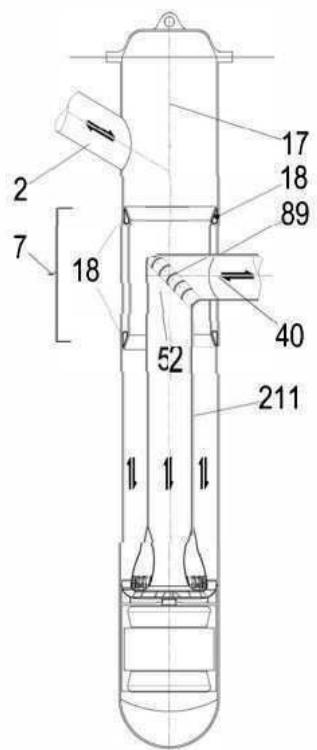
도면16



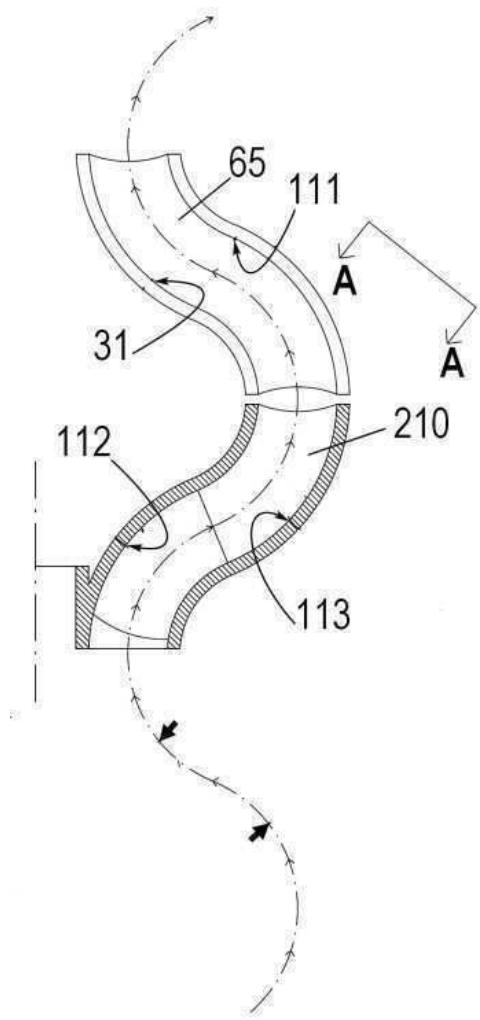
도면17



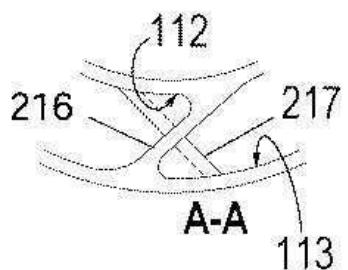
도면18



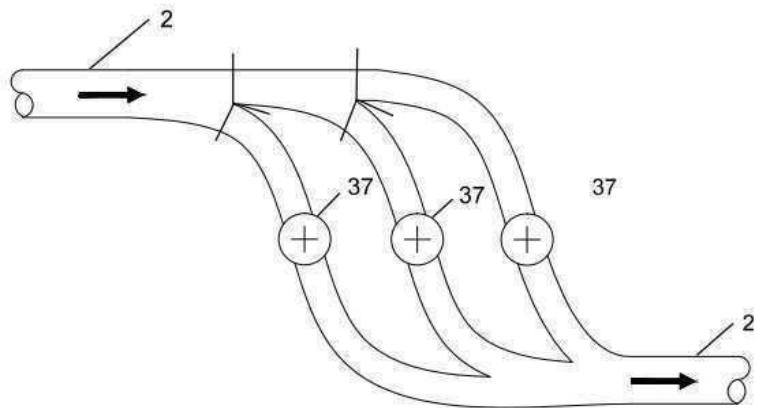
도면 19a



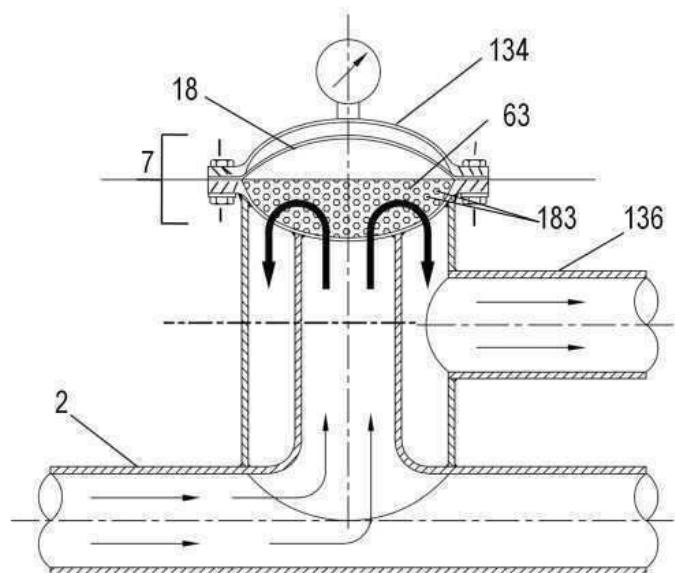
도면 19b



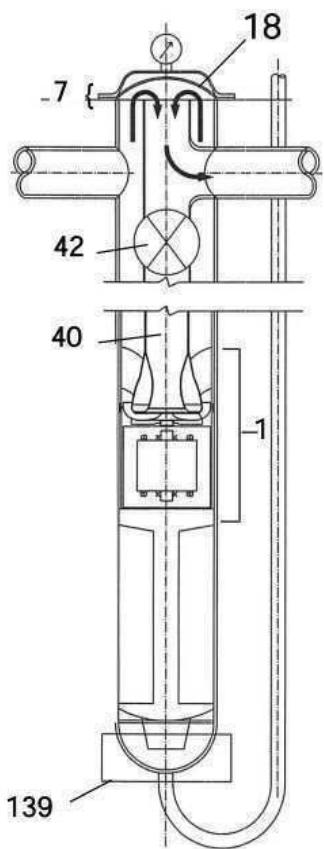
도면20



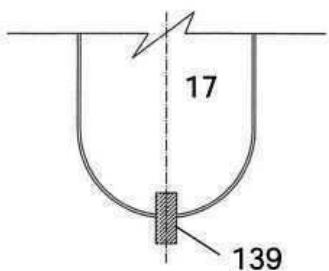
도면21



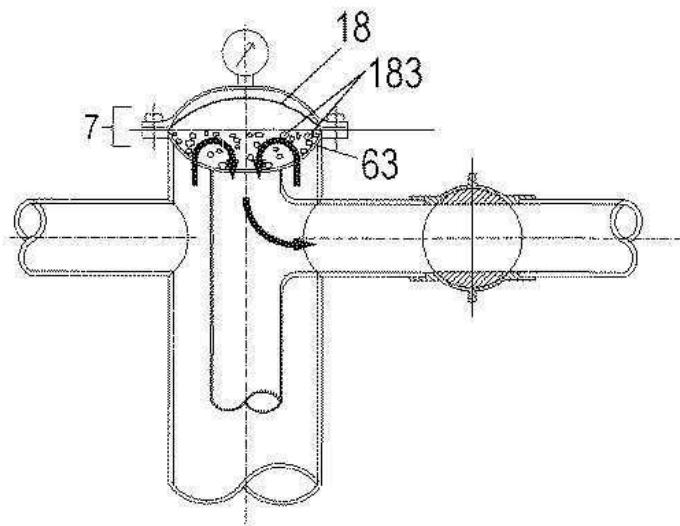
도면22a



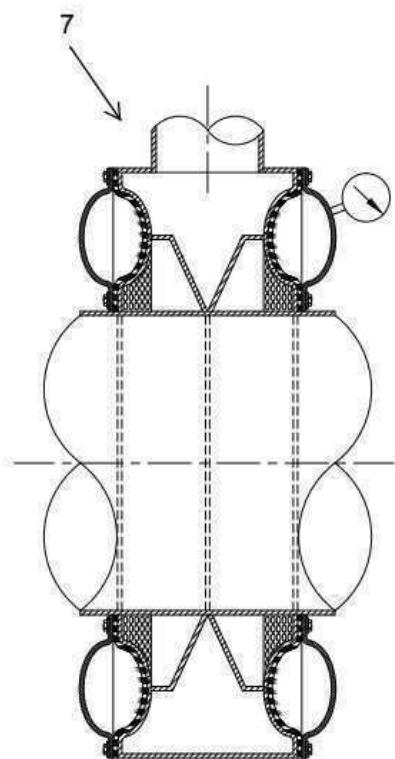
도면22b



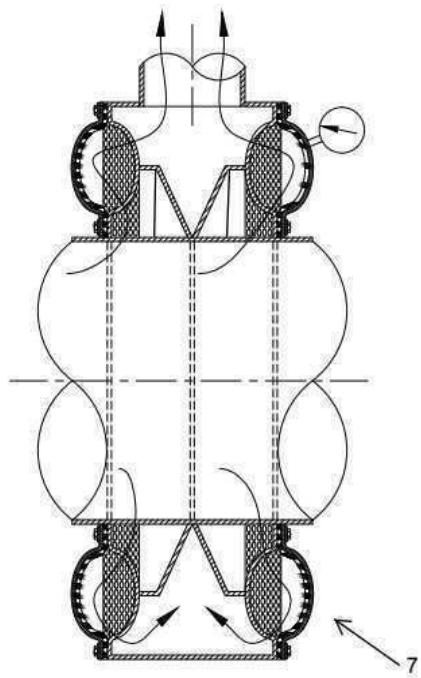
도면23



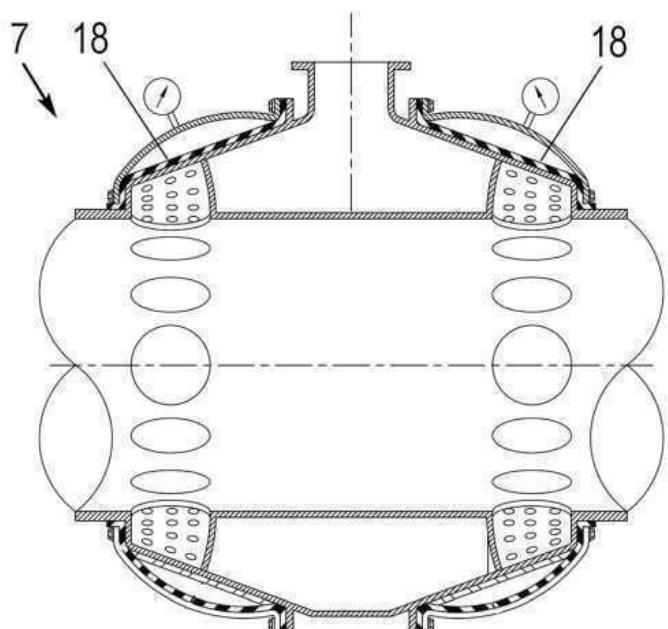
도면24a



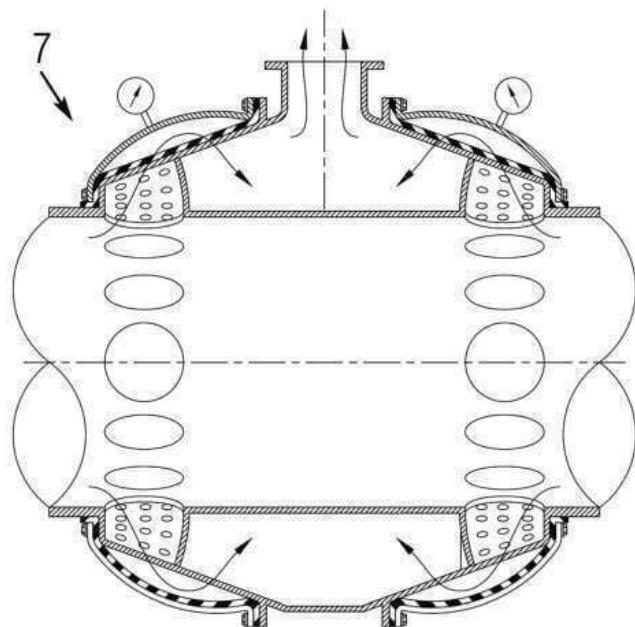
도면24b



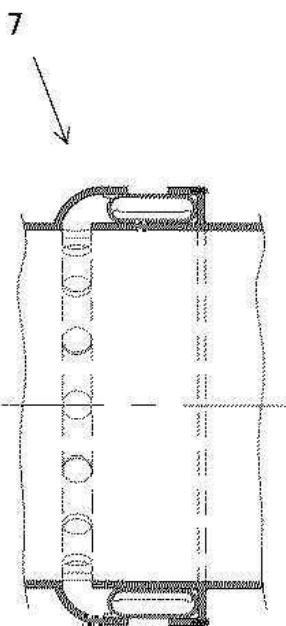
도면25a



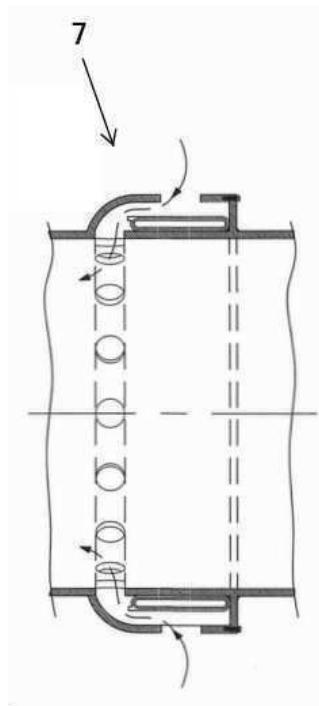
도면25b



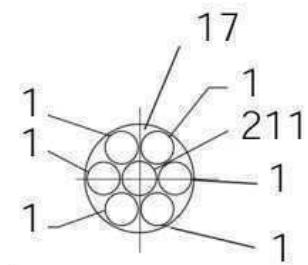
도면26a



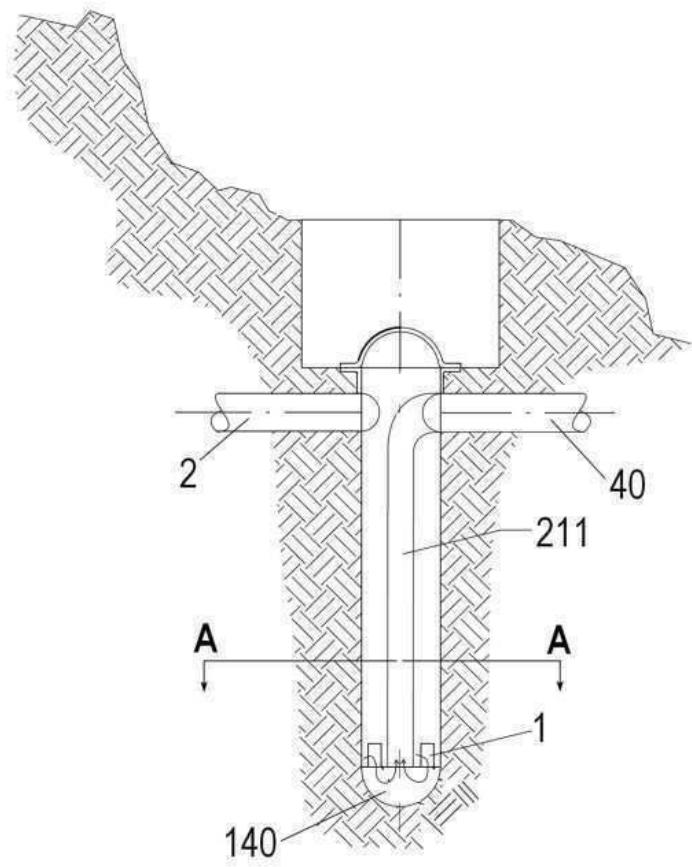
도면26b



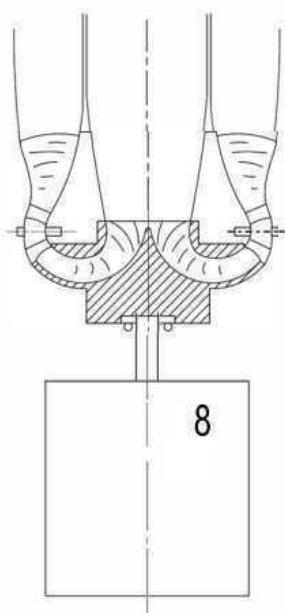
도면27a



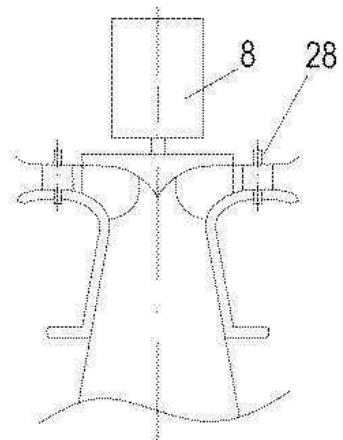
도면27b



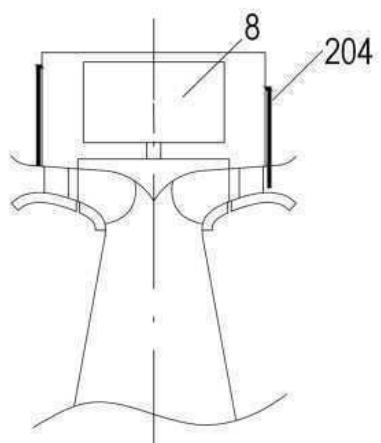
도면28



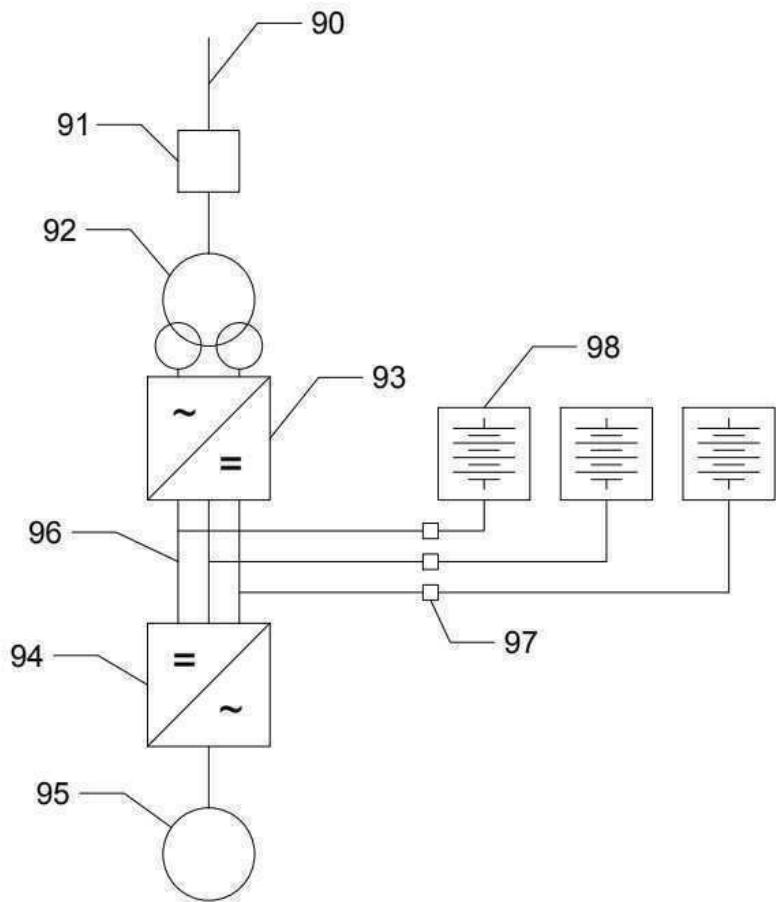
도면29



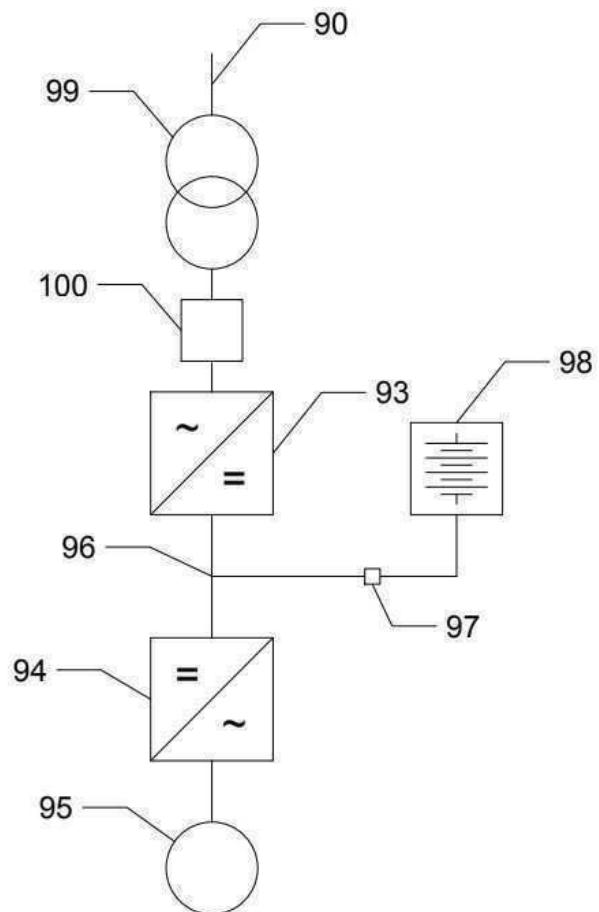
도면30



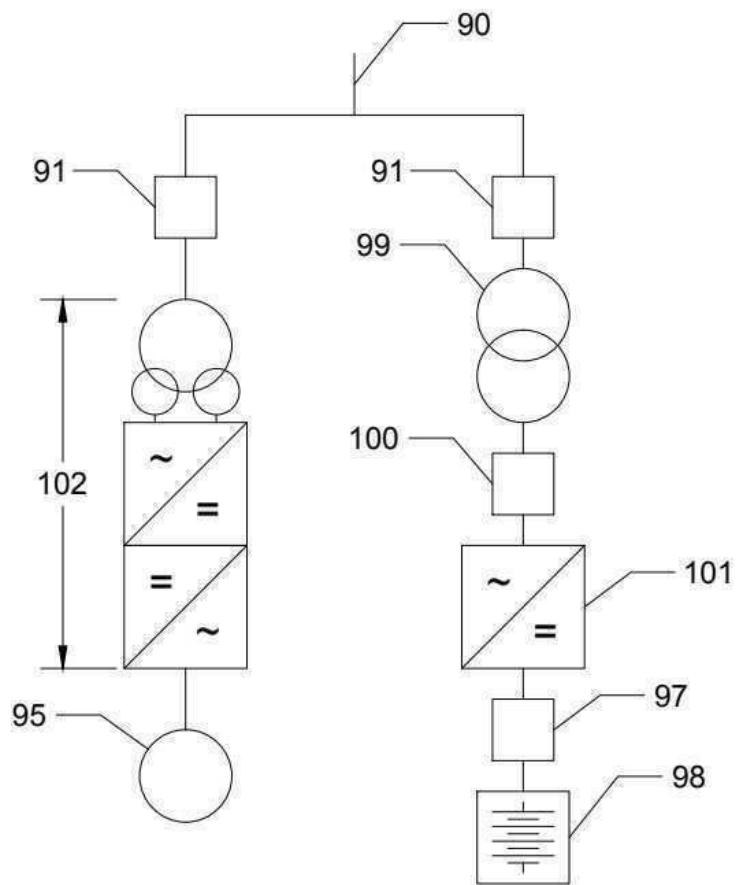
도면31



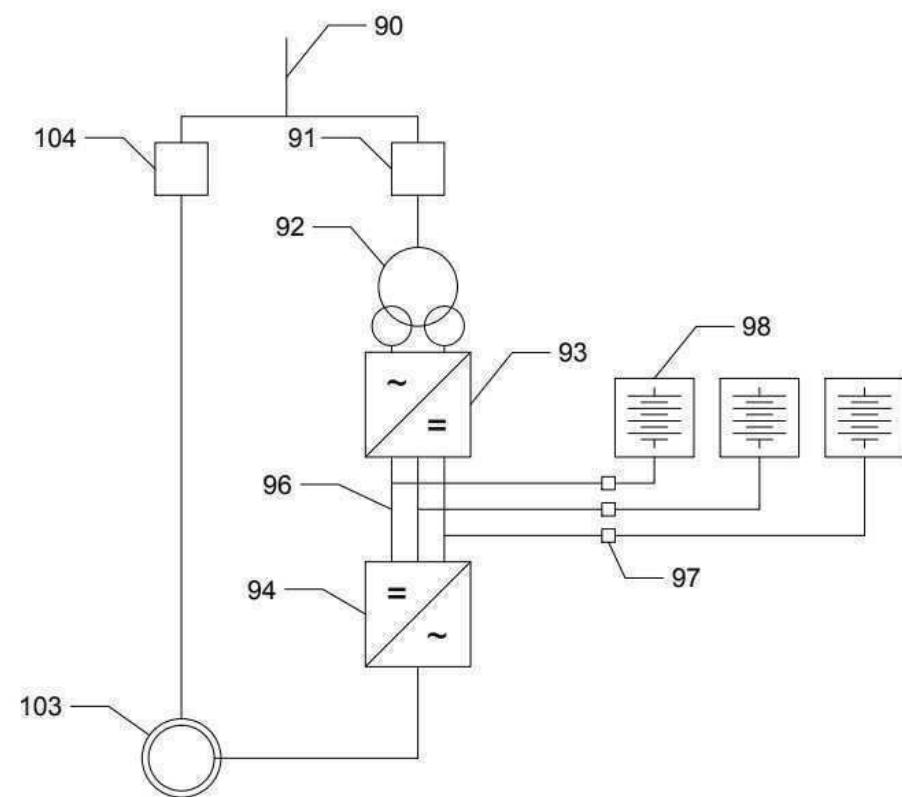
## 도면32



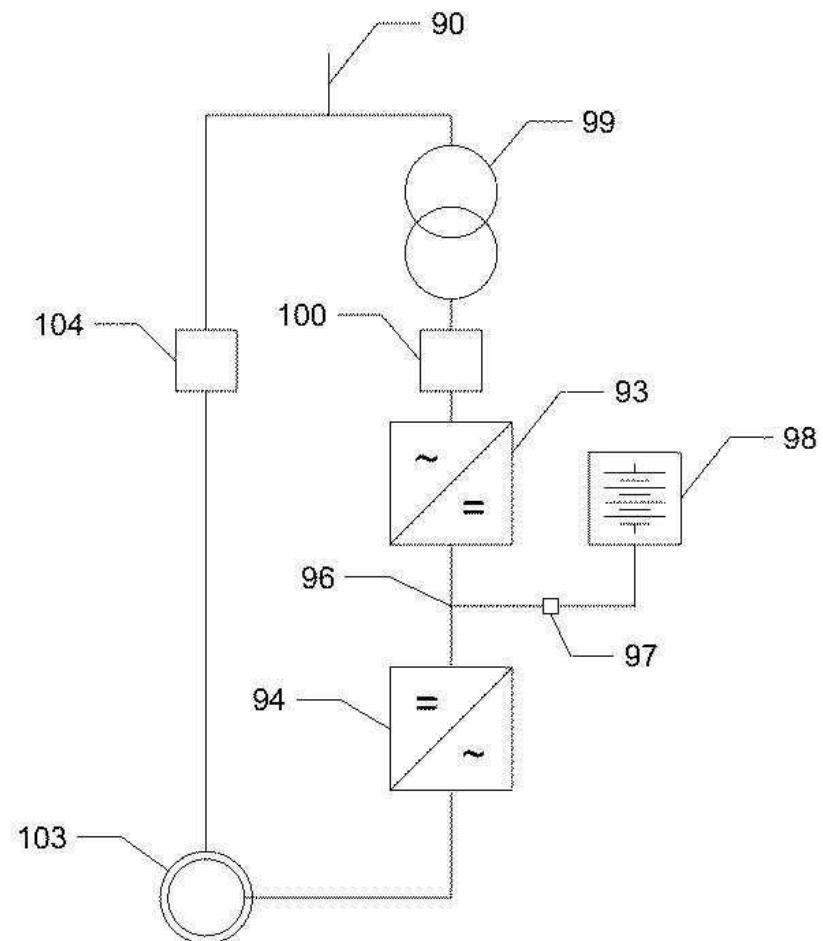
도면33



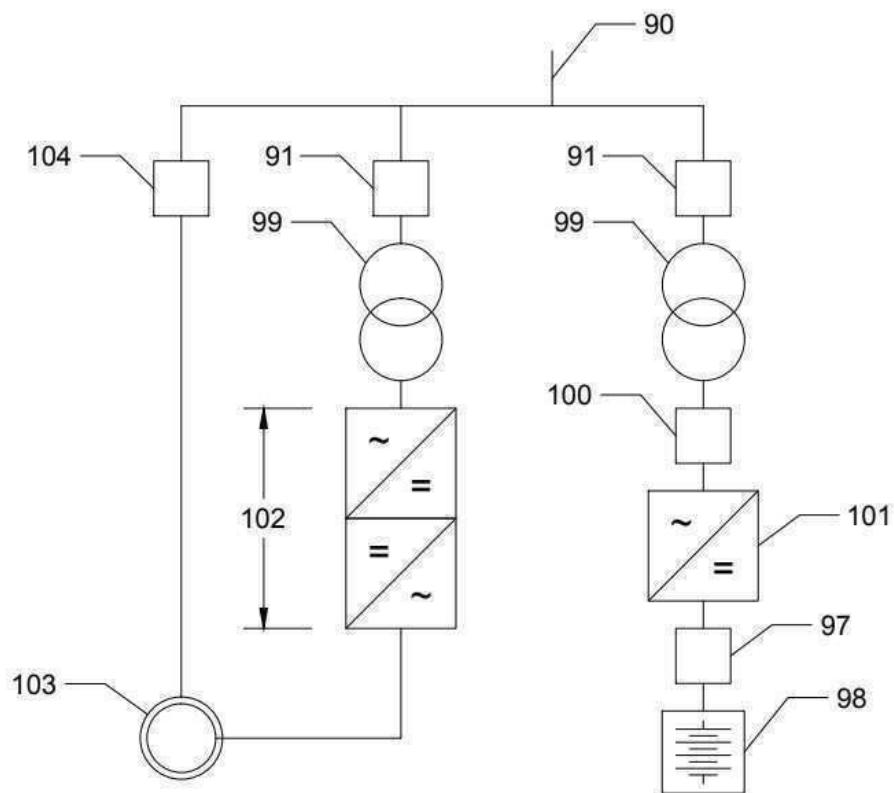
도면34



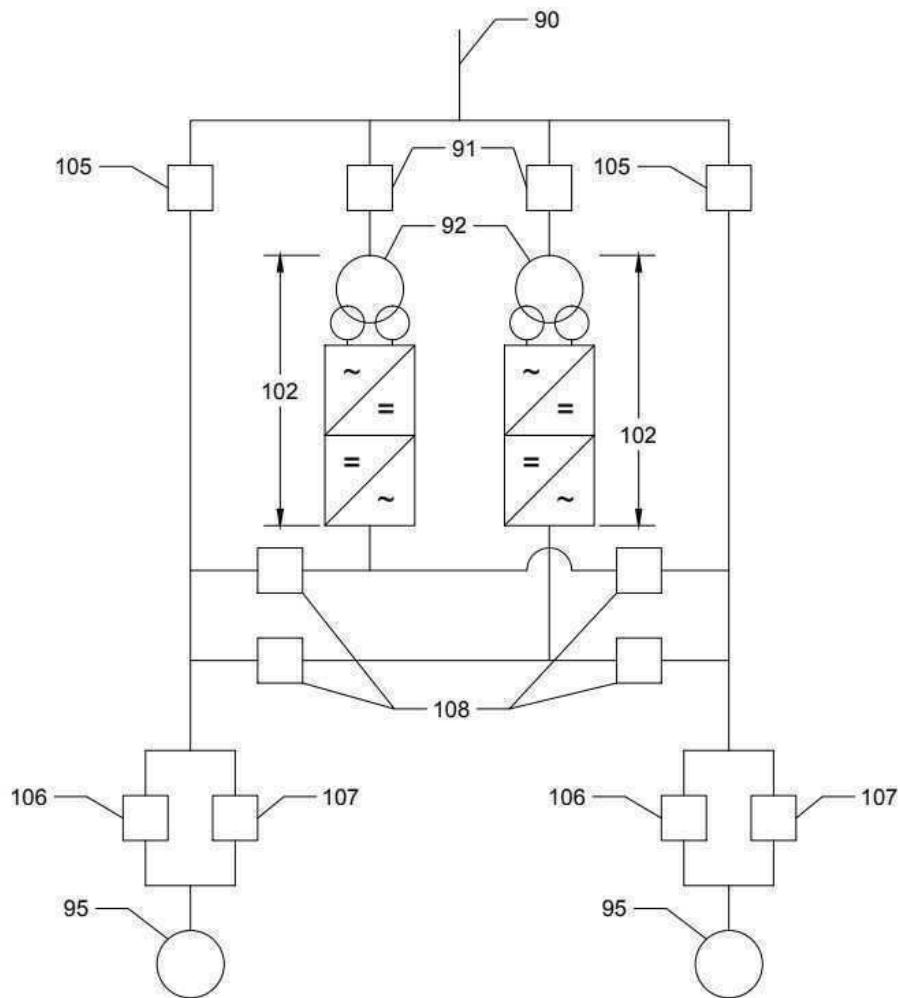
도면35



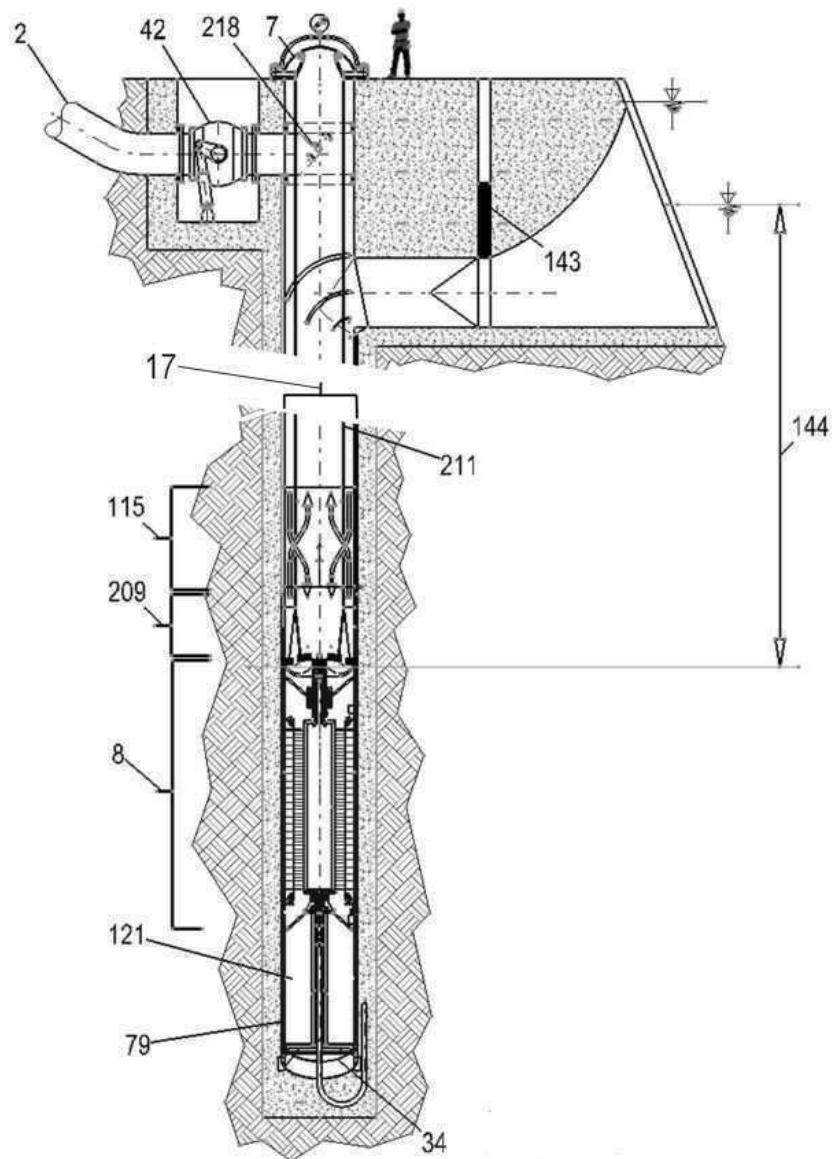
도면36



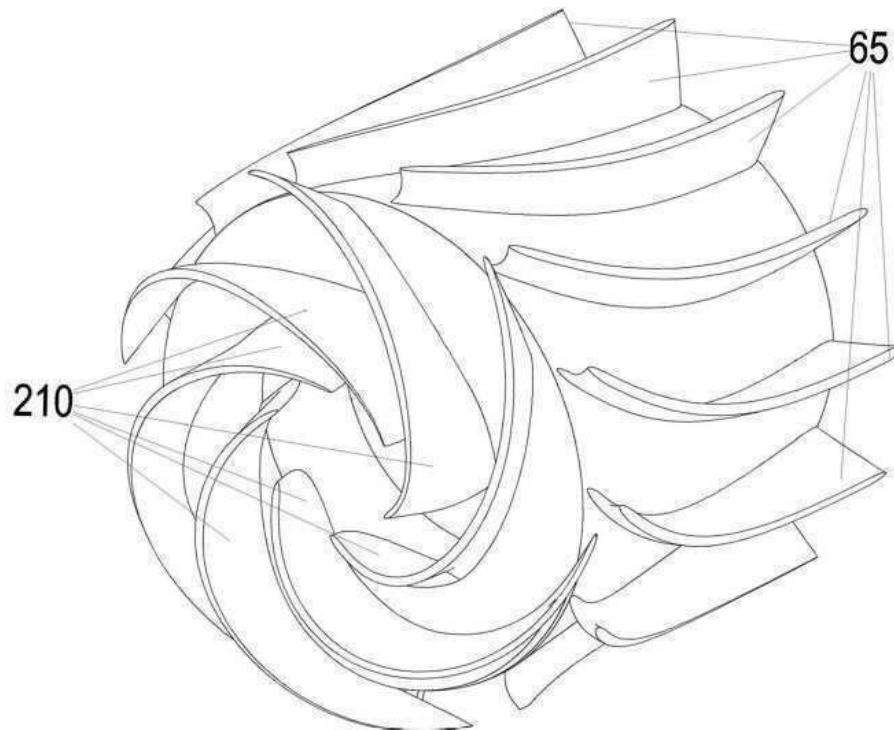
도면37



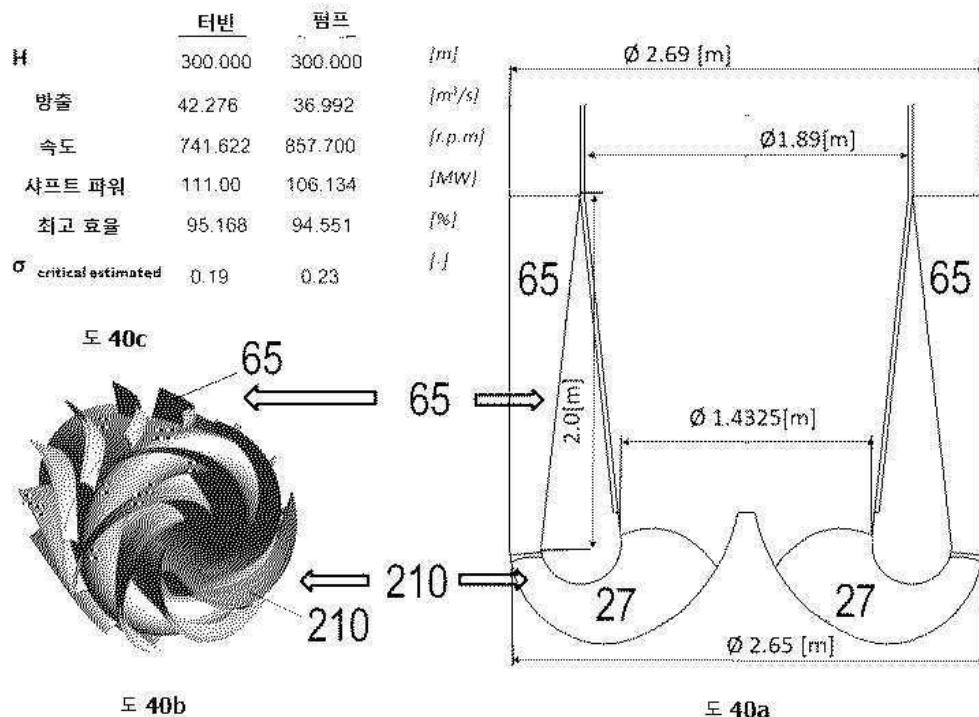
도면38



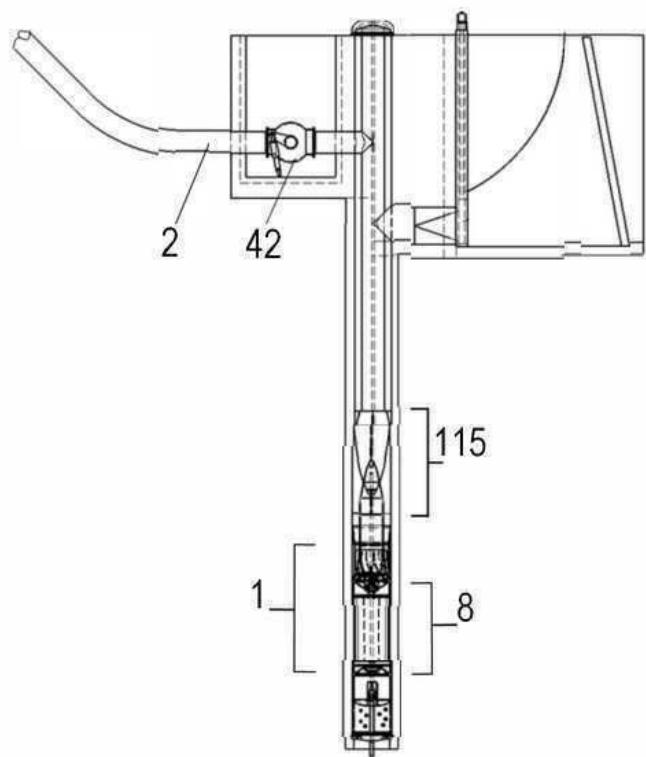
도면39



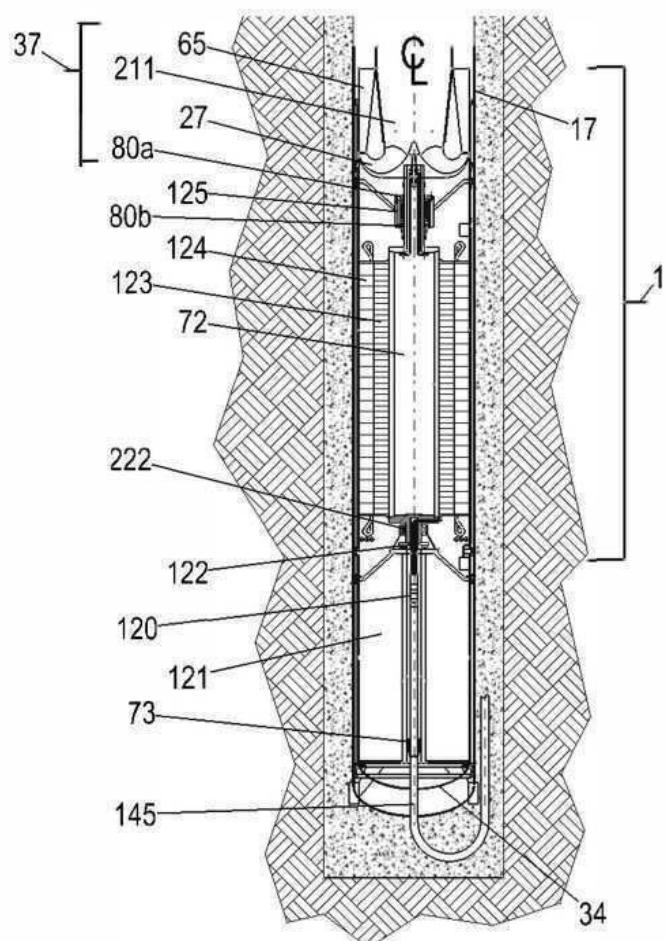
도면40



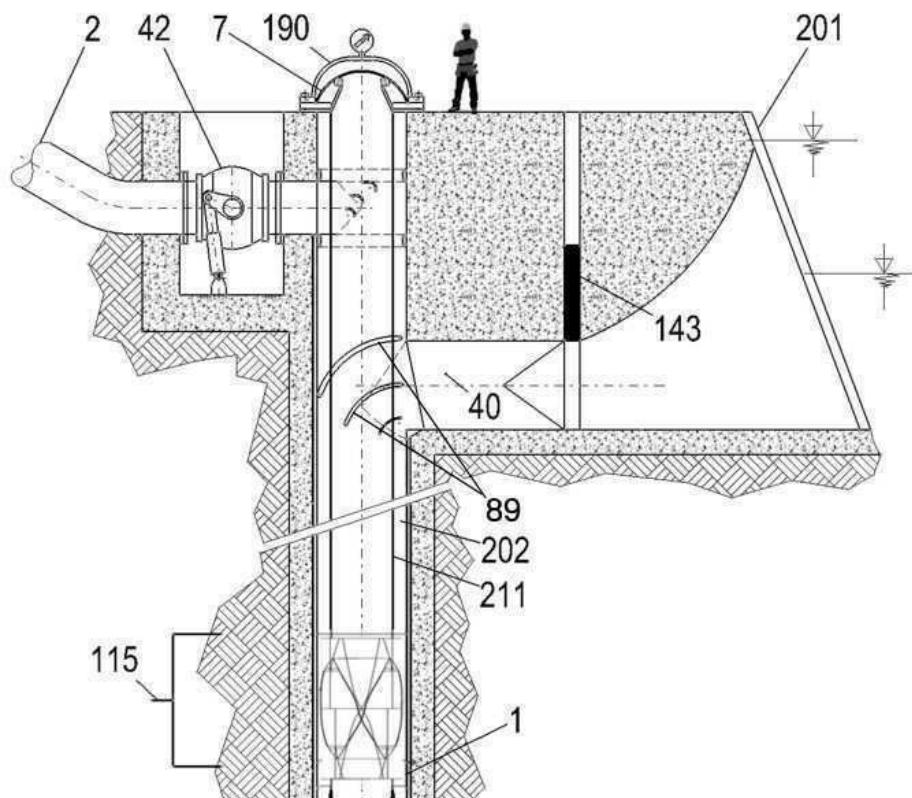
도면41



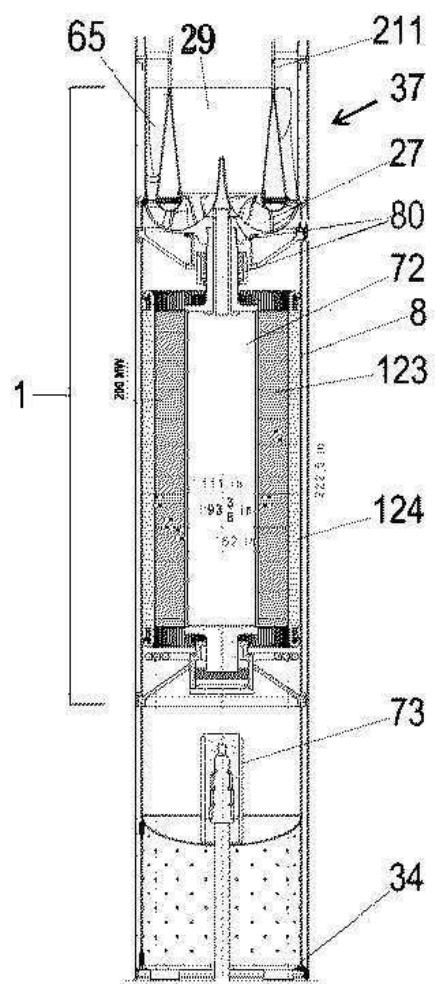
도면42a



도면42b



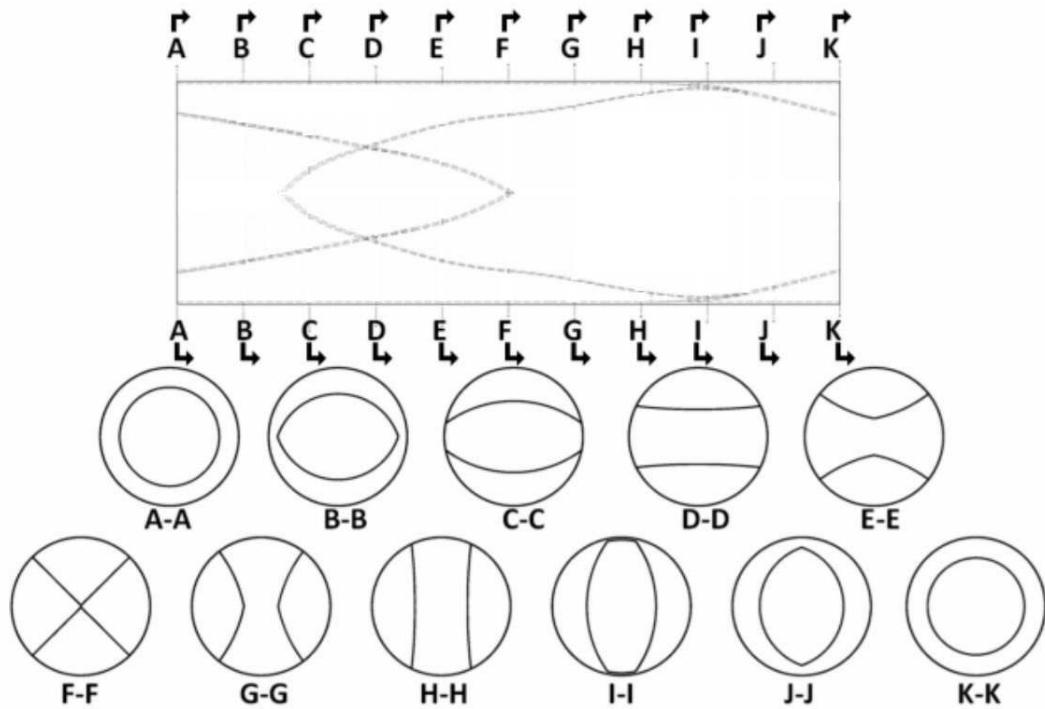
도면43



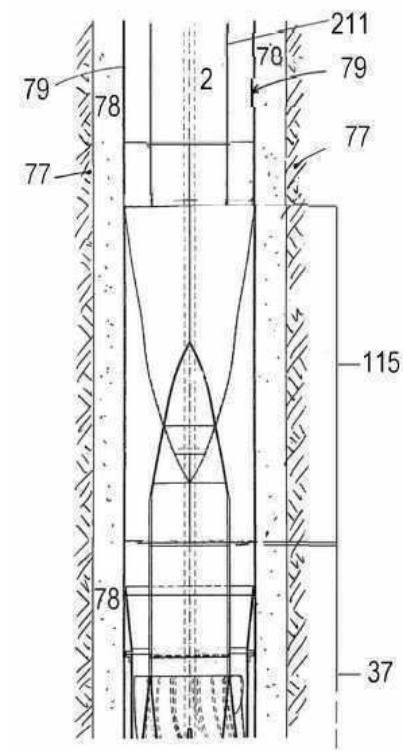
도면44

삭제

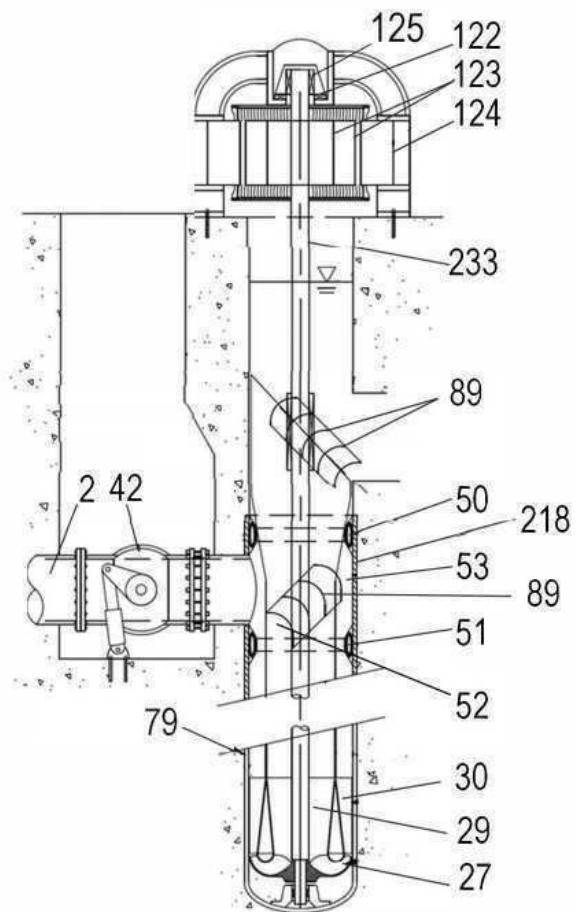
도면44a



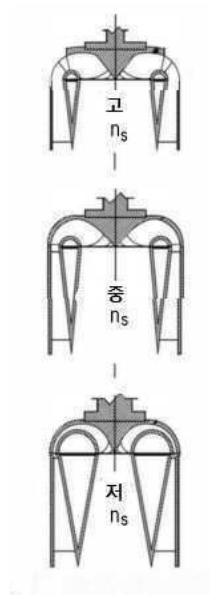
도면44b



도면45



도면46a



도면46b

