



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월04일  
(11) 등록번호 10-2738623  
(24) 등록일자 2024년12월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
FO1K 3/18 (2006.01) FO1K 25/10 (2006.01)  
FO1K 3/00 (2006.01) FO1K 3/02 (2017.01)  
FO1K 9/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
FO1K 3/18 (2013.01)  
FO1K 25/103 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7029431
- (22) 출원일자(국제) 2019년12월17일  
심사청구일자 2022년10월19일
- (85) 번역문제출일자 2021년09월13일
- (65) 공개번호 10-2021-0128438
- (43) 공개일자 2021년10월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2019/060896
- (87) 국제공개번호 WO 2020/039416  
국제공개일자 2020년02월27일
- (30) 우선권주장  
102019000002385 2019년02월19일 이탈리아(IT)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2000130185 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
에너지 돔 에스.피.에이.  
이탈리아, 20131 밀라노 비알레 아브루치 94
- (72) 발명자  
파다시니 크라우디오  
이탈리아, 베르바니아 수나 (브이비) 28925, 58,  
비아 트로우베츠코이
- (74) 대리인  
강명구, 최정윤

전체 청구항 수 : 총 15 항

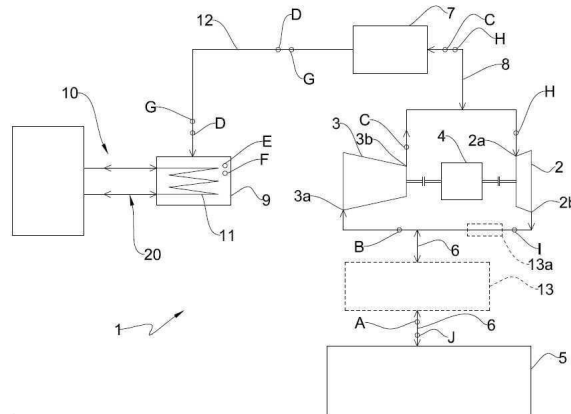
심사관 : 김용안

(54) 발명의 명칭 에너지 저장 플랜트 및 공정

(57) 요약

에너지 저장 플랜트(1)로서, 대기와 압력의 평형을 이루고 기체 상태로 대기 이외의 작동 유체를 저장하기 위한 케이싱(5), 입계 온도에 근접한 온도를 갖는 액체 또는 초임계 상의 상기 작동 유체를 저장하기 위한 탱크(9)를 포함하고, 상기 입계 온도는 주위 온도에 근접하고, 바람직하게는 0°C와 100°C 사이이고; 상기 플랜트는 상기 케이싱(5)과 상기 탱크(9) 사이에서 충전 구성에서 한 방향으로, 그 다음 배출 구성에서 반대 방향으로 폐쇄 순환 열역학 변환(TTC)을 수행하도록 구성되며; 충전 구성에서 플랜트는 열과 압력을 저장하고 배출 구성에서 에너지를 생성한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*F01K 3/006* (2013.01)

*F01K 3/02* (2013.01)

*F01K 9/00* (2013.01)

*Y02E 70/30* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

에너지 저장 플랜트로서, 상기 에너지 저장 플랜트는:

대기 이외의 작동 유체;

기체 상태의 작동 유체를 저장하기 위한 케이싱(5); 및

임계 온도에 근접한 온도를 갖는 액체 또는 초임계 상의 상기 작동 유체를 저장하기 위한 탱크(9)를 포함하며, 상기 임계 온도는 주위 온도에 근접하고,

상기 플랜트는 케이싱(5)과 탱크(9) 사이에서 충전 구성에서 한 방향으로, 그 다음 배출 구성에서 반대 방향으로 폐쇄 순환 열역학 변환(TTC)을 수행하도록 구성되며; 상기 충전 구성에서는 플랜트는 열과 압력을 저장하고 상기 배출 구성에서는 에너지를 생성하며,

상기 케이싱(5)은 변형 가능하고 압력 벌룬이거나 또는 가소미터의 구조를 가져서 케이싱 내의 작동 유체가 압력이 낮거나 또는 과압이 없는 대기와 압력 평형을 이루는, 에너지 저장 플랜트.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 작동 유체는 다음의 화학-물리 특성: 0°C 내지 200°C 사이의 임계 온도, 25°C에서 0.5 kg/m<sup>3</sup> 내지 10 kg/m<sup>3</sup> 사이의 밀도를 가지거나, 또는 CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O를 포함하는 그룹에서 선택되는, 에너지 저장 플랜트.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

- 서로 기계적으로 연결된 압축기(3)와 모터;

- 서로 기계적으로 연결된 터빈(2)과 제너레이터를 포함하고,

- 상기 케이싱(5)은 외부에서 대기와 접촉하고 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 작동 유체를 수용하도록 구성된 부피 내부를 한정하며, 상기 부피는 압축기(3)의 입구(3a) 및 터빈(2)의 출구(2b)와 선택적으로 유체 연통하고,

- 압축기(3)의 출구(3b) 또는 터빈(2)의 입구(2a)와 선택적으로 유체 연통하는 1차 열 교환기(7)를 포함하고,

- 작동 유체를 축적하기 위해 상기 탱크(9)가 1차 열 교환기(7)와 유체 연통하고,

- 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 사이 또는 상기 탱크(9)에서 작동하는 2차 열 교환기(10)를 포함하고,

상기 플랜트는 충전 구성 또는 배출 구성에서 작동하도록 구성되고;

충전 구성에서 케이싱(5)은 압축기(3)의 입구(3a)와 유체 연통하고 1차 열 교환기(7)는 압축기(3)의 출구(3b)와 유체 연통하고, 터빈(2)이 정지하고 모터가 케이싱(5)에서 나오는 작동 유체를 압축하기 위해 작동하고, 1차 열 교환기(7)가 냉각기로 작동하여 압축된 작동 유체에서 열을 제거하고, 이를 냉각하고 열 에너지를 저장하며, 2차 열 교환기(10)는 압축된 작동 유체에서 추가 열을 제거하고 추가 열 에너지를 저장하는 냉각기 역할을 하고 탱크(9)는 압축된 및 냉각된 작동 유체를 수용하고 이를 저장하며, 탱크(9)에 저장된 작동 유체는 자체 임계 온도에 가까운 온도를 가지며;

배출 구성에서 케이싱(5)은 터빈(2)의 출구(2b)와 유체 연통하고 1차 열 교환기(7)는 터빈(2)의 입구(2a)와 유체 연통하고, 압축기(3)가 정지된 상태에서 2차 열 교환기(10)가 히터로 작동하여 탱크(9)에서 나오는 작동 유체로 열을 방출하고 1차 열 교환기(7)가 히터로 작동하여 작동 유체에 추가 열을 방출하고 가열하고 터빈(2)이 가열된 작동 유체에 의해 회전되고 제너레이터가 에너지를 생성하도록 구동되고 작동 유체는 케이싱(5)에서 대기압 또는 실질적으로 대기압으로 복귀되는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 저장 구성에서 압축기(3)에서 압축되기 전에 작동 유체를 예열하거나 또는 배출 구성에서 터빈(2)으로부터 작동 유체를 냉각하기 위하여 터빈(2)과 케이싱(5) 사이에 및 압축기(3)와 케이싱(5) 사이에 작동 가능하게 배열된 추가 열 교환기(13)를 포함하는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 5**

제3항에 있어서, 모터와 제너레이터는 별개의 요소이고; 또는 모터 및 제너레이터는 단일 모터-제너레이터(4)에 의해 형성되고 플랜트는 상기 모터-제너레이터(4)와 압축기(3) 및 터빈(2) 사이의 연결 장치를 포함하여 모터-제너레이터(4)를 압축기(3) 또는 터빈(2)에 기계적으로 및 대안으로 연결하는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 6**

제3항에 있어서, 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)는 작동 유체의 초임계 변환을 작동하도록 구성되어 작동 유체가 초임계 상태에서 탱크(9) 내에 축적되는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 탱크(9)는 탱크(9)를 초임계상의 작동 유체를 위한 가변 부피(32)를 갖는 제1 챔버와 비압축성 유체를 포함하는 보상 회로(34)와 유체 연통하는 거변 부피(33)를 갖는 제2 챔버 내로 탱크(9)를 분리하도록 구성된 분리 멤브레인(31)을 포함하는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 8**

제3항에 있어서, 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)는 작동 유체가 액체 상태로 탱크(9)에 축적되도록 작동 유체의 아임계 변환을 작동하도록 구성되는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 9**

제3항에 있어서, 1차 열 교환기(7)는 고정 또는 이동층 열 재생기이거나 적어도 하나의 1차 저장 챔버(17, 18)를 갖는 물, 오일 또는 염 1차 회로(15)를 포함하는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 10**

제3항에 있어서, 2차 열 교환기(10)는 적어도 하나의 2차 저장 챔버(21, 22)를 갖는 2차 공기 또는 물 회로(20)를 포함하고, 충전 구성에서 작동 유체로부터 열을 제거하거나 또는 배출 구성에서 100℃ 미만의 온도에서 작동 유체에 열을 전달하도록 구성되는 에너지 저장 플랜트.

**청구항 11**

에너지 저장 공정으로서, 상기 공정은:

기체 상태에서 대기와 상이한 작동 유체를 저장하기 위한 케이싱(5)과 임계 온도에 근접한 온도를 갖는 액체 또는 초임계 상에서 작동 유체를 저장하기 위한 탱크(9) 사이에서, 충전 구성/상태에서 한 방향으로, 그 다음 배출 구성/상태에서 반대 방향으로 폐쇄 순환 열역학 변환(TTC)을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 임계 온도는 주위 온도에 근접하고, 상기 충전 구성/상태에서는 상기 공정은 열과 압력을 축적하고 상기 배출 구성/상태에서 에너지를 생성하며,

상기 케이싱(5)은 변형 가능하고 압력 별론이거나 또는 가소미터의 구조를 가져서 케이싱 내의 작동 유체가 압력이 낮거나 또는 과압이 없는 대기와 압력 평형을 이루는, 공정.

**청구항 12**

제11항에 있어서, 상기 충전 상태는

- 외부적으로 대기와 접촉하는 케이싱(5)으로부터 나오는 상기 작동 유체를 압축하고, 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 작동 유체를 수용하도록 구성된 부피 내부를 한정하며 에너지를 흡수하는 단계,
- 작동 유체의 온도가 임계 온도에 근접하도록 직렬로 배치된 1차 열 교환기(7)와 2차 열 교환기(10)를 통해 압

축된 작동 유체를 주입하는 단계; 1차 열 교환기(7)는 압축된 작동 유체로부터 열을 제거하고 이를 냉각하고 열 에너지를 저장하기 위해 냉각기로 작동하고, 2차 열 교환기(10)는 압축된 작동 유체로부터 추가 열을 제거하고 추가 열 에너지를 저장하는 냉각기로서 작동하며,

- 냉각된 작동 유체를 상기 탱크(9)에 축적하는 단계를 포함하고, 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)는 작동 유체가 초임계 상태로 탱크(9)에 축적되도록 작동 유체의 초임계 변환을 수행하거나, 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)는 작동 유체가 액체 상태로 탱크(9)에 축적되도록 작동 유체의 아임계 변환을 수행하고; 탱크(9)에 축적된 작동 유체의 온도는 0℃와 100℃ 사이이고 탱크(9)에 축적된 작동 유체의 압력은 10 바와 150 바 사이인 공정.

**청구항 13**

제11항에 있어서, 작동 유체는 다음의 화학-물리 특성: 0℃ 내지 200℃ 사이의 임계 온도, 25℃에서 0.5 kg/m<sup>3</sup> 내지 10 kg/m<sup>3</sup> 사이의 밀도를 가지거나 또는 CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O를 포함하는 그룹에서 선택되는, 공정.

**청구항 14**

제12항에 있어서, 에너지의 배출 및 생성 단계는

- 탱크(9)로부터 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)를 통해 작동 유체를 통과시키는 단계를 포함하고 2차 열 교환기(10)는 탱크(9)에서 나오는 작동 유체로 열을 전달하는 히터로 작동하고, 1차 열 교환기(7)는 추가 열을 작동 유체로 전달하고 이를 가열하는 히터로 작동하며,

- 가열된 작동 유체를 터빈(2)에 통과시키는 단계를 포함하고, 터빈(2)은 가열된 작동 유체에 의해 회전되고 제너레이터를 구동하여 에너지를 생성하고, 작동 유체는 터빈(2)에서 팽창 및 냉각되며,

- 터빈(2)에서 나오는 작동 유체를 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 케이싱(5)으로 재주입하는 단계를 포함하는 공정.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 배출 상태 및 에너지 생성에서, 1차 열 교환기(7)와 터빈(2) 사이에서 추가 열원(230)을 통하여 작동 유체를 추가로 가열하는 공정.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 목적은 전기 에너지의 저장을 위한 플랜트 및 공정에 관한 것이다. 보다 정확하게는, 본 발명의 목적은 과잉 가용성 및/또는 소비 부족이 나타날 때 네트워크 또는 시스템으로부터 전기 에너지를 흡수/사용할 수 있고 저장된 에너지를 시간 내에 유지할 수 있고 이를 다시 전기 에너지로 변환하고 해당 전기 에너지가 필요할 때 네트워크에 다시 주입하는 데 있다. 상세하게는, 본 발명은 위치 에너지(압력) 및 열/열역학 에너지의 형태로 전기 에너지를 저장하는 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 일반적으로 수백 kW에서 수십 MW(예: 20-25MW)까지의 전력을 갖고 또한 수백 MW의 전력을 갖고, 수백 kWh의 저장 용량, 심지어 최대 수 GWh인 육상 및 해양 응용 모두를 위한 중대형 에너지 저장 시스템의 일부에 관한 것이다. 본 발명은 또한 일반적으로 수 kW에서 수백 kW까지의 전력과 수 kWh에서 최대 수백 kWh의 저장 용량을 갖는 지상 및 해양 모두의 국내 및 상업용 애플리케이션을 위한 소규모 에너지 저장 시스템 분야에 배치될 수 있다.

**배경 기술**

[0002] 하기 정의는 본 설명 및 첨부된 청구범위에서 사용될 것이다.

[0003] 열역학적 순환(CT): X 지점에서 Y 지점에서의 열역학적 변환(여기서 X는 Y와 일치함). CT는 아래의 TTC(Thermodynamic Cyclic Transformation)와 달리 주기 내에서 질량 축적(에너지 목적에 중요)이 없는 반면 TTC는 일반적으로 초기 및 최종 작동 유체의 두 저장 사이에서 작동한다.

[0004] · 열역학적 순환 변환(TTC): 반드시 동일한 중간 지점을 통과하지 않고 지점 X에서 지점 Y로, 지점 Y에서 지점

X로 열역학적 변환.

- [0005] · 폐쇄형 CT 및/또는 TTC: 대기와의 질량 교환(에너지 목적에 중요) 없음;
- [0006] · 개방형 CT 및/또는 TTC: 대기와의 질량 교환(에너지 목적에 중요).
- [0007] 최근, 제조 변동성과 예측 불가능성을 특징으로 하는 재생 가능 소스, 특히 풍력 및 태양광 소스로부터 에너지를 생산하기 위한 시스템의 확산이 계속 증가함에 따라 전기 에너지 저장 시스템은 점점 더 중요해지고 있다.
- [0008] 전기 에너지 저장 시스템은 동적 관성의 주파수/공급 조정, "유연한 램핑" 시스템의 공급, 즉 비상 생산 시스템의 시작을 허용하는 "에너지 생산이 더 많고 수요가 적은 시간에서 다른 한편으로 수요가 더 많거나 생산 부족, 계절적 보상 등을 나타내는 시간으로 이동한다.
- [0009] 일반적으로 높은 비용과 제한된 수명을 갖는 전기화학적 원리(배터리)에 따라 작동하는 시스템에서, 소량의 저장된 에너지에만 적합한 기계적(플라이휠), 현재 사용중이거나 개발 중이거나 달리 알려진 시스템에는 다음이 포함된다.
- [0010] 주로 사용되는 시스템은 현재 전 세계적으로 설치된 저장 용량의 90% 이상을 차지하는 수력 발전 펌핑 저장 시스템(PUMPED HYDRO STORAGE - PHS)이다. 이러한 시스템은 장기 및 단기 저장 모두에 적합하고 비용 측면에서 상당히 경쟁력이 있지만 특정 지형학적 조건을 갖는 장소에만 구축할 수 있다는 단점이 있다. 상기 PHS 시스템은 잠재적인 형태 및 특히 중력의 에너지 저장 시스템 중에서 셀 수 있다. 또한 문서 GB 2518125A에 개시된 시스템은 중력 시스템 계열에 속한다.
- [0011] 사용 중인 제2 시스템은 소위 CAES 시스템(압축 공기 에너지 저장 장치)으로, 이는 위치 에너지(압력) 및 (가능한) 열 에너지로 변환을 통해 축적되는 개방형 TTC로 구성된다. 이 CAES 시스템은 기본(비단열) 구성과 고급 AA-CAES(고급 단열 CAES, US 4,147,205 - 압축 공기 저장 설치) 구성으로 알려져 있다. 이러한 시스템은 장단기 저장 모두에 적합하고 비용면에서 상당히 경쟁력이 있으며 '왕복 효율성' 측면에서 PHS 시스템보다 덜 효율적이며 장소에만 구축할 수 있는 단점도 있고 특별한 지형학적 조건을 가지고 있다.
- [0012] CAES 시스템은 또한 탱크/케이블의 압력이 동일한 충전 수준에 따라 변한다는 추가적인 단점이 있다. 이는 TTC의 효율성과 이를 수행하는 터보머신의 효율성에 모두 영향을 미친다.
- [0013] 시스템은 CAES 시스템을 위한 지하 케이블의 부재를 해결하는 것으로도 알려져 있다. 특히, 지하 케이블 없이 지상 탱크에 에너지를 저장하는 것을 경제적으로 실행 가능하게 만드는 해결 방법이 알려져 있다. 예는 LIGHTSAIL의 US2011/0204064 A1에 있으며, 그 반대의 경우 지상 시스템에 대한 CAES 비용을 수익성이 없게 만드는 지상 저장 탱크의 비용을 억제하기 위해 특수 구조의 탱크가 제안되었다. 이러한 해결방법은 또한 Open TTC에 따라 작동하는 시스템에 속한다.
- [0014] 2개의 이전 시스템을 결합한 시스템도 알려져 있으며(US 7,663,255 B2 참조), 여기서 CAES와 PHS의 조합은 CAES 시스템이 일정한 압축 압력에서 작동할 수도 있다. 이 시스템도 Open TTC에 따라 작동한다.
- [0015] 문서 '압축 공기 에너지 저장 및 열병합 에너지 저장의 새로운 개념' - THESE N.5525(2012) - Ecole Polytechnique Federale de Lousanne은 모든 유형의 CAES 에너지 저장 시스템을 공개한다. 그 중에서도 이열, 단열, 등온 및 PHS와 결합하여 일정한 압축 압력을 허용하는 CAES 시스템이 개시되어 있으며, 이 시스템을 PHS와 결합된 일정한 압력-CAES라고 한다. 이들 역시 Open TTC에 따라 작동하는 시스템이다.
- [0016] 동일한 문서는 또한 ABB 기업 연구 센터(EP 2532843 A1 및 EP 2698506 A1 참조)에서 제안한 소위 TEES(열 전기 에너지 저장 장치)를 개시한다. 이는 Closed CT에 따라 작동하는 시스템 중 하나이며 PHES 시스템 중 카운팅될 수 있다. PHES 시스템(Pumped Heat Electrical Storage)은 예를 들어 Rankine, Brayton 또는 Kalina CT를 사용하여 전기/기계 에너지를 열 에너지로 변환하여 저장하는 시스템이다.
- [0017] 초임계 및 초임계 CO2 순환 또는 기타 유체 순환을 사용하여 가역적인 초임계 및 초임계 랭킨 순환을 사용하는 위에서 설명한 시스템 외에도, 일반적으로 아르곤을 사용하지만 공기도 사용하는 Brayton 순환이 있는 PHES 시스템이 알려져 있다(등엔트로피 참조 EP 2220343 B1 및 US 2010/0257862 A1 및 Laughlin US 2016/0298455 A1). 이는 폐쇄 CT에 따라 작동하는 시스템 중 하나이며 PHES 시스템 중에서 카운팅될 수 있다.
- [0018] PHES/TEES 시스템 중에서 카운팅될 수 있는 또 다른 시스템은 충전 및 배출 단계에 대해 두 가지 다른 주기를 결합하고 특히 고온 축열 탱크의 충전 단계를 위한 전기 저항을 통한 Brayton 주기 또는 단순 소산 및 전기 에너지의 방출/생산 단계를 위한 스팀 Rankine 주기를 제공한다(Siemens - Gamesa system (참조 US 2014/0223910

A1 및 US 8,991,183 B2 및 US 8,966,902 B2). 이러한 유형의 해결방법은 PHES 시스템 중 하나이다. 이는 여러 개의 개방형 및/또는 폐쇄형 CT를 통해 수행된다.

- [0019] TEES라고도 하는 모든 PHES 시스템은 '폐쇄' 및 가역적 열역학적 주기 원리를 기반으로 한다는 점에 유의해야 한다. 제안된 다양한 해결방법에 따라 '폐쇄된' Rankine 또는 Brayton 주기가 될 수 있지만 어떤 경우에도 거의 가역적인 모터/열 펌프의 작동 유체는 '폐쇄된' 열역학 주기에 따라 변환을 수행하며 필요한 저장 용량에 따라 크기가 조정되는 중간 축적이 없다.
- [0020] 모든 유형의 모든 CAES 시스템은 대신 '개방된' 열역학적 순환, 즉 공기를 대기로 가져오고 복귀시키는 '개방' 열역학적 순환에 따라 일 방향으로 변환을 수행한 다음 다른 방향으로 변환을 수행하는 시스템이다.
- [0021] 에너지 저장의 또 다른 공지된 방법은 소위 LAES 시스템(액체 공기 에너지 저장, US2009/0282840 A1 참조)이다. LAES 방법은 '개방된' 열역학적 변환에 따른 변환, 즉 공기를 대기로 가져오고 복귀하는 것을 포함한다. 또한 이 시스템은 -200° C에 가까운 극저온에서 작동하며 높은 기술적 어려움이 있다. 이는 또한 Open TTC에 따라 작동하는 시스템에 속한다.
- [0022] Qing He, Yinping Hao, Hui Liu, Wenyi Liu의 '직교 방법에 기반한 초임계 압축 이산화탄소 에너지 저장 시스템의 엑서지 효율 분석'에서 에너지 저장 시스템의 작동 유체로 CO2의 사용은 다음과 같다. 제안된 시스템(SC-CCES(초임계 - 압축 이산화탄소 에너지 저장)이라고 함)은 지정된 "리저버로 2개의 식염수 대수층"을 사용한다. 이 SC-CCES 시스템에서 압축기 전달에서 CO2는 열 교환기 및/또는 열 에너지 저장 시스템의 삽입 없이 리저버로 직접 보내진다. 또한 배출 주기 동안 터빈에서 배출된 CO2는 복열기를 통해 가열되며 동일한 CO2가 터빈으로 유입된다. 이 해결방법은 Closed TTC, 즉 두 개의 폐쇄 탱크들 사이에서 작동하는 시스템에 속한다.
- [0023] 또한 문헌 [Green Energy Storage: "The Potential Use of compressed Liquid CO2 and Large Sub-Terrain Cavities to Help Maintain a Constant Electricity Supply" - Dalgaard JZ]은 지하 캐비티에서 CO2의 사용에 대해 언급한다(상기 문헌의 제목, 초록 및 본문 모두에서).

**발명의 내용**

- [0024] 출원인은 현재의 전기 에너지 저장 시스템은 다양한 상황에서 경제적으로 사용할 수 있는 특성이 없다고 지적했다. 특히, 일부 경우(예: PHS 및 CAES) 시스템은 찾기 어려운 매우 특정한 지형학적 상황을 필요로 한다. 일부 경우(예: PHS) 이러한 시스템을 구현하려면 환경에 큰 영향을 미치는 리저버의 제조가 필요하다.
- [0025] 다른 경우(AA-CAES)에서 열 에너지 저장 시스템의 실현은 저렴한 비용으로 해결하기 어려운 문제를 제시하고, 적절한 지하 케이크를 식별할 필요가 여전히 있다. 위의 사항은 또한 만족스러운 왕복 효율(RTE)을 달성하는 데 어려움을 초래한다. 임의의 경우 CAES 시스템이 PHS 시스템과 결합되지 않는 한 저장 탱크의 가변 압력으로 작동하는 문제는 명백한 추가 비용 문제와 정확한 지질 조건을 식별하기 위해 남아 있다.
- [0026] 출원인은 또한 표면 CAES 시스템을 구축하려는 시도가 시스템 자체를 구축할 수 있도록 경쟁력 있는 비용으로 가압 공기 저장 탱크를 구축하는 것이 실질적으로 불가능하다는 사실에 직면해 있음을 관찰했다.
- [0027] 출원인은 또한 LAES 시스템을 구축하려는 시도가 극저온 조건에서 작업하는 데 내재된 문제 때문에 경제적으로 실행가능한 시스템을 개발할 수 없음을 관찰했습니다. 층간 진공이 있는 이중 층 탱크에 극저온 에너지를 저장하는 문제와 다른 고가의 장치로 인해 비용 측면에서 기술을 최적화하기가 어렵다.
- [0028] 출원인은 추가로 거의 가역적인 Rankine 주기를 가진 PHES 시스템을 구축하려는 시도가 만족스러운 왕복 효율(RTE)(즉, 60% 이상)을 달성하는 데 상당한 어려움을 겪을 뿐만 아니라 합리적인 비용으로 RTE가 온도 차이와 관련되어 있음을 관찰했다.
- [0029] 유사하게, Brayton 주기를 기반으로 하는 PHES 시스템은 이러한 시스템이 충전 및 배출 모두에 대해 각 주기에 대해 압축기와 터빈을 사용한다는 사실과 경합한다. 이는 더 높은 투자 비용을 수반하지만 고온 저장과 저온 저장 사이의 매우 높은 온도 차이를 유지함으로써만 높은 TEN을 획득하는데 보상할 수 있는 더 큰 비가역성을 수반한다.
- [0030] 이러한 맥락에서, 출원인은 에너지 저장 공정 및 플랜트, 즉 에너지 저장 시스템을 설계하고 구현하는 목표를 설정했다.
- [0031] ■ 특정 지리적 또는 영토적 조건을 실현할 필요가 없고 결국 특정 크기에서 해양/난바다 응용 프로그램에도 사

용될 수 있는 다양한 지형학적 상황에서 수행할 수 있다.

- [0032] ■ 높은 RTE를 얻을 수 있고 어떤 경우에도 70% 이상, 최대 75%, 최대 80% 이상을 얻을 수 있다.
- [0033] ■ 아래에 설명된 다양한 시스템을 통해 조정 가능한 저장 탱크 압력으로 작업할 수 있다.
- [0034] ■ 간단하고 경제적이며, 바람직하게는 100 USD/kWh 미만의 건설 비용을 목표로 하고, 특히 압력 및 높은 에너지 밀도( $m^3_{\text{storage}} / kWh_{\text{stored}}$  측면에서)로 저장을 허용한다.
- [0035] ■ 주변 온도의 변화를 사용하여 RTE를 높일 수 있다.
- [0036] ■ 안전하고 환경 친화적이고 특히 위험한 유체를 사용하지 않는다.
- [0037] ■ 모듈식이다.
- [0038] ■ 컴팩트하다.
- [0039] ■ 30년 동안 지속되거나 증가된 유효 수명을 갖는다.
- [0040] ■ 유연하고 신속하게 작업에 착수할 수 있다.
- [0041] ■ 쉽고 경제적으로 유지보수 가능하다.
- [0042] ■ 내식성(특히 해양 응용 분야의 경우)
- [0043] ■ 진동 및 소음 수준이 낮다.
- [0044] 출원인은 열역학적 순환 변환(TTC)에 의해 작동하는 에너지 저장 시스템을 통해 위의 목적 및 기타 목적을 달성할 수 있음을 발견했고 처음에는 일 방향으로, 그 다음에는 반대 방향으로 작동 유체의 두 축적 사이에서 탱크 중 하나(가장 낮은 압력을 가진 탱크)는 대기상태이며 다른 하나는 대기가 아니라 대기와 압력 평형을 이루는 또 다른 가스 상태이다. 이 시스템은 또한 작동 유체를 초기 기체/증기 상태에서 임계 온도에 가까운 온도(예: 임계 온도의 1.2배 미만, Kelvin, 바람직하게는 0.5 내지 1.2배)를 갖는다. 또한, 이 임계 온도가 바람직하게는 주위 온도에서 상이하지 않고, 바람직하게는 주위 온도(바람직하게는 0°C 내지 200°C, 더욱 바람직하게는 0°C 내지 100°C)에 가깝다는 사실을 특징으로 한다.
- [0045] 작동 유체는 바람직하게는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)이지만 시스템의 성능을 개선하기 위해 또한 작동하는 특정 환경 조건과 관련하여 CO<sub>2</sub>와 기타 물질의 혼합물을 사용하여 유체의 임계 온도(Tc)를 수정할 수 있다. SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O 등과 같은 다른 유체를 항상 순수하게 사용하거나 다른 유체와 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0046] 본 발명에서 제안된 시스템에서, 압축기의 전달로부터 회수된 열의 저장이 존재한다. 고압 탱크와 저압 탱크는 시스템이 아임계 및 초임계 조건에서 가능한 다른 제어 전략으로 작동할 때 일정한 압력에서 작동하거나 어떤 경우에도 잘 정의된 "범위" 내에서 조정된다.
- [0047] 특히, 언급된 목적 및 기타 사항은 첨부된 청구범위 및/또는 다음 양태에서 설명된 유형의 에너지 저장을 위한 플랜트 및 공정에 의해 실질적으로 달성된다.
- [0048] 독립적인 양태에서, 본 발명은 에너지 저장 플랜트(에너지 저장 시스템)에 관한 것이다.
- [0049] 바람직하게, 에너지 저장 플랜트로서,
- [0050] 대기와 압력의 평형을 이루고 기체 상태로 대기 이외의 작동 유체를 저장하기 위한 케이싱, 임계 온도에 근접한 온도를 갖는 액체 또는 초임계 상의 상기 작동 유체를 저장하기 위한 탱크를 포함하고(예를 들어, 0.5 -1.2의 켈빈 임계 온도의 1.2 배 미만), 상기 임계 온도는 주위 온도에 근접하고, 0°C와 200°C, 바람직하게는 0°C와 100°C 사이이고 바람직하게 주변 온도에 근접하고, 상기 플랜트는 상기 케이싱과 상기 탱크 사이에서 충전 구성에서 한 방향으로, 그 다음 배출 구성에서 반대 방향으로 폐쇄 순환 열역학 변환(TTC)을 수행하도록 구성되며; 충전 구성에서 플랜트는 열과 압력을 저장하고 배출 구성에서 에너지를 생성한다.
- [0051] 바람직하게, 작동 유체는 다음의 화학-물리 특성: 0°C 내지 100°C 사이의 임계 온도, 0.5 kg/m<sup>3</sup> 내지 10 kg/m<sup>3</sup> 사이에서, 바람직하게 1 내지 2 Kg/m<sup>3</sup> 사이에서 25° C에서의 밀도를 갖는다.
- [0052] 바람직하게 작동 유체는 CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O, 또는 이들의 혼합물, 또는 첨가제로 작용하는 다른 성분과의 혼합물을

포함하는 그룹에서 선택되고, 예를 들어 주로 임계 온도의 매개변수를 수정하기 위해 시스템의 성능을 최적화하기 위해 결과 혼합물을 포함한다.

- [0053] 바람직하게, 에너지 저장 플랜트는
- [0054] - 서로 기계적으로 연결된 압축기와 모터;
- [0055] - 서로 기계적으로 연결된 터빈 및 제너레이터를 포함하고,
- [0056] - 상기 케이싱은 외부에서 대기와 접촉하고 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 작동 유체를 수용하도록 구성된 부피 내부를 한정하며, 상기 부피는 압축기의 입구 및 터빈의 출구와 선택적으로 유체 연통하고, 선택적으로 케이싱은 압력 별문이고;
- [0057] - 압축기의 출구 또는 터빈의 입구와 선택적으로 유체 연통하는 1차 열 교환기를 포함하고(2차 측면에 상이한 유체와 함께 작동할 수 있는 복수의 일차 열 교환기),
- [0058] - 작동 유체를 축적하기 위해 상기 탱크가 1차 열 교환기(7)와 유체 연통하고,
- [0059] - 1차 열 교환기와 탱크 사이 또는 상기 탱크에서 작동하는 2차 열 교환기를 포함한다.
- [0060] 이 플랜트는 충전 및 배출 구성으로 작동할 수 있다.
- [0061] 충전 구성에서 케이싱은 압축기의 입구와 유체 연통하고 1차 열 교환기는 압축기의 출구와 유체 연통하고, 터빈이 정지하고 모터가 케이싱에서 나오는 작동 유체를 압축하기 위해 작동하고, 1차 열 교환기가 냉각기로 작동하여 압축된 작동 유체에서 열을 제거하고, 이를 냉각하고 열 에너지를 저장하며, 2차 열 교환기는 압축된 작동 유체에서 추가 열을 제거하고 추가 열 에너지를 저장하는 냉각기 역할을 하고 탱크는 압축된 및 냉각된 작동 유체를 수용하고 이를 저장하며, 탱크에 저장된 작동 유체는 자체 임계 온도(임계 켈빈 온도의 0.5 내지 1.2)에 가까운 온도를 갖는다.
- [0062] 배출 구성에서 케이싱은 터빈의 출구와 유체 연통하고 1차 열 교환기는 터빈의 입구와 유체 연통하고, 압축기가 정지된 상태에서 2차 열 교환기가 히터로 작동하여 탱크에서 나오는 작동 유체로 열을 방출하고 1차 열 교환기가 히터로 작동하여 작동 유체에 추가 열을 방출하고 가열하고 터빈이 가열된 작동 유체에 의해 회전되고 제너레이터가 에너지를 생성하도록 구동되고 작동 유체는 케이싱에서 대기압 또는 실질적으로 대기압으로 복귀된다.
- [0063] 독립적인 측면에서, 본 발명은 이전 양태에 따라 또는 다음 양태 중 적어도 하나에 따라 플랜트로 선택적으로 구현되는 에너지 저장 공정에 관한 것이다.
- [0064] 바람직하게, 상기 공정은 충전 구성/상태에서 일 방향으로 및 대기와 압력 평형 상태에서 기체 상태로 대기와 상이한 작동 유체의 저장을 위한 케이싱과 임계 온도에 근접한 온도와 액체 또는 초임계 상에서 작동 유체의 저장을 위한 탱크 사이에서 배출 구성/상태에서 반대 방향으로 폐쇄 열역학적 순환 변환(TTC)을 수행하는 단계를 포함하고(예를 들어, 임계 켈빈 온도의 0.5 내지 1.2), 상기 임계 온도는 주위 온도에 가깝고, 바람직하게는 0 °C와 100 °C 사이이고, 최대 200° C이며; 여기서, 충전 상태에서 공정은 열과 압력을 축적하고 배출 단계에서 에너지를 생성한다.
- [0065] 바람직하게, 상기 작동 유체는 하기 화학-물리 특성: 0°C 내지 200°C, 0°C 내지 100°C, 바람직하게 대기에 근접한 임계 온도를 갖는다.
- [0066] 바람직하게, 이 작동 유체는 CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O, 또는 이의 혼합물, 또는 시스템의 성능을 최적화하기 위하여 결과적인 혼합물의 임계 온도의 파라미터를 변경하도록 첨가제로서 기능을 하는 다른 구성요소와의 이의 혼합물을 포함하는 그룹에서 선택된다.
- [0067] 바람직하게, 공정은 에너지 배출 및 생성 단계 및 에너지 충전 단계를 포함한다.
- [0068] 상기 충전 상태는
- [0069] - 외부적으로 대기와 접촉하는 케이싱으로부터 나오는 상기 작동 유체를 압축하고, 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 작동 유체를 수용하도록 구성된 부피 내부를 한정하며 에너지를 흡수하는 단계,
- [0070] - 작동 유체의 온도가 임계 온도에 근접하도록 직렬로 배치된 1차 열 교환기와 2차 열 교환기를 통해 압축된 작동 유체를 주입하는 단계; 1차 열 교환기는 압축된 작동 유체로부터 열을 제거하고 이를 냉각하고 열 에너지를 저장하기 위해 냉각기로 작동하고, 2차 열 교환기는 압축된 작동 유체로부터 추가 열을 제거하고 추가 열 에너

지를 저장하는 냉각기로서 작동하며,

- [0071] - 냉각된 작동 유체를 상기 탱크에 축적하는 단계를 포함하고, 2차 열 교환기 및 1차 열 교환기는 작동 유체가 초임계 상태로 탱크에 축적되도록 작동 유체의 초임계 변환을 수행하거나, 2차 열 교환기 및 1차 열 교환기는 작동 유체가 액체 상태로 탱크에 축적되도록 작동 유체의 아임계 변환을 수행한다(바람직하게 상대 최소/낮은 값으로 압력을 조절하기 위해).
- [0072] 에너지의 배출 및 생성 단계는
- [0073] - 탱크로부터 2차 열 교환기 및 1차 열 교환기를 통해 작동 유체를 통과시키는 단계를 포함하고 2차 열 교환기는 탱크에서 나오는 작동 유체로 열을 전달하는 히터로 작동하고, 1차 열 교환기는 추가 열을 작동 유체로 전달하고 이를 가열하는 히터로 작동하며,
- [0074] - 가열된 작동 유체를 터빈에 통과시키는 단계를 포함하고, 터빈은 가열된 작동 유체에 의해 회전되고 제너레이터를 구동하여 에너지를 생성하고, 작동 유체는 터빈에서 팽창 및 냉각되며,
- [0075] - 터빈에서 나오는 작동 유체를 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 케이싱으로 재주입하는 단계를 포함한다.
- [0076] 출원인은 본 발명에 따른 공정 및 장치가 설정된 목적을 달성할 수 있음을 확인했다.
- [0077] 특히, 본 출원인은 본 발명이 해양/오프 쇼어(off-shore) 응용 분야에서도 특정 지형학적 특성이 없는 장소에서 안전한 방식으로 환경에 미치는 영향이 적은 에너지 저장을 허용함을 확인하였다.
- [0078] 출원인은 또한 본 발명에 따른 장치의 제조 및 후속 유지보수가 비교적 저렴하다는 것을 확인하였다.
- [0079] 출원인은 또한 본 발명이 높은 RTE를 달성할 수 있음을 확인했다.
- [0080] 본 출원인은 또한 본 발명이 저장 탱크의 압력을 조절할 수 있는 가능성으로 에너지 저장 장치를 작동할 수 있도록 하여 시스템의 더 나은 작동 가능성, RTE 측면에서 터보 기계 및 시스템 모두의 더 큰 효율성을 허용한다는 것을 확인했다.
- [0081] 본 발명의 양태는 하기에 나열된다.
- [0082] 일 양태에서, 1차 열 교환기는 열 저장 장치(Thermal Energy Storage - TES)이거나 이에 작동 가능하게 결합되어 있다.
- [0083] 일 양태에서, 케이싱과 압축기 입구 사이, 케이싱과 터빈 출구 사이에 제1 파이프라인이 형성되어 유체 케이싱과 압축기 및 터빈을 연결한다.
- [0084] 일 양태에서, 유체를 압축기 케이싱과 교대로 또는 터빈과 케이싱을 교대로 연결하기 위해 적어도 하나의 밸브가 상기 제1 파이프라인에 작동 가능하게 배치된다.
- [0085] 일 양태에서, 제2 파이프라인은 터빈 입구와 1차 열 교환기 사이, 그리고 압축기 출구와 1차 열 교환기 사이에서 형성되어 상기 1차 열 교환기를 상기 압축기 및 터빈과 유체 연통하도록 한다.
- [0086] 일 양태에서, 압축기와 1차 열 교환기 또는 1차 열 교환기와 터빈을 유체 연통시키도록 적어도 하나의 밸브가 작동 가능하게 상기 제2 파이프라인에 배치된다.
- [0087] 일 양태에서, 제3 파이프라인은 1차 열 교환기와 2차 열 교환기 사이에 발달하여 상기 1차 열 교환기를 상기 2차 열 교환기와 유체 연통하도록 한다.
- [0088] 일 양태에서, 추가 열 교환기는 케이싱과 압축기 사이 및 케이싱과 터빈 사이에 작동가능하게 배치되어 충전 구성에서 압축기에서 압축되기 전에 작동 유체를 예열하거나 배출 구성에서 터빈으로부터 유입되는 작동 유체를 냉각한다.
- [0089] 일 양태에서, 추가 열 교환기는 제1 파이프라인과 작동적으로 연결된다.
- [0090] 일 양태에서, 추가 열 교환기는 열추가 열 에너지 저장 장치를 추가로 포함한다.
- [0091] 일 양태에서, 충전 구성에서 추가 열 교환기는 작동 유체를 예열하는 히터 역할을 한다.
- [0092] 일 양태에서, 배출 구성에서, 추가 열 교환기는 작동 유체를 냉각시키고 상기 작동 유체를 예열하기 위해 충전 구성에서 사용되는 추가 열 에너지를 저장하는 냉각기 역할을 한다.

- [0093] 일 양태에서, 터빈의 출구에 연결된 제1 파이프라인의 브랜치에 냉각기가 배치된다.
- [0094] 일 양태에서, 추가 열원과 작동 가능하게 연결된 추가 열 교환기가 터빈과 1차 열 교환기 사이에 작동 가능하게 개재되고 터빈에 들어가기 전에 배출 단계에서 작동 유체를 추가로 가열하도록 구성된다.
- [0095] 일 양태에서, 배출 구성에서 추가 열원은 작동 유체에 추가 열을 제공한다.
- [0096] 일 양태에서, 1차 열 교환기와 터빈 사이의 배출 단계 및 에너지 생성에서, 추가 열원을 통해 작동 유체를 더 가열하는 것이 예상된다.
- [0097] 일 양태에서, 추가 열원은 태양열원(예: 태양광 분야) 및/또는 산업 폐열 회수(폐열 회수) 및/또는 가스 터빈(GT)의 배출열이다.
- [0098] 일 양태에서, 작동 유체가 추가 열원과 추가 열 교환기를 통해 터빈에 진입하기 직전에 배출 단계로 들어가는 온도는 충전 단계 중에 압축의 종료 시 작동 유체의 온도보다 높다.
- [0099] 일 양태에서, 작동 유체가 추가 열원 및 추가 열 교환기를 통해 유입되는 온도는 약 100° C 이상이지만, 또한 압축 종료 시 작동 유체의 온도에 비해 200° C 또는 300° C 또는 400° C이다.
- [0100] 출원인은 추가 열원에 의한 작동 유체의 추가 가열이 왕복 효율(RTE)을 상당히 증가시킬 수 있음을 확인했다.
- [0101] 일 양태에서, 케이싱은 변형 가능하다.
- [0102] 일 양태에서, 케이싱은 가스 계량기의 구조를 갖는다.
- [0103] 일 양태에서 케이싱은 압력 별론이다.
- [0104] 일 양태에서, 케이싱은 유연한 재료, 바람직하게는 플라스틱, 예를 들어 PVC 코팅된 폴리에스터 직물로 제조된다.
- [0105] 일 양태에서, 모터와 제너레이터는 별개의 요소이며, 여기서 모터는 바람직하게는 압축기에 영구적으로 연결되고 제너레이터는 바람직하게는 터빈에 영구적으로 연결된다.
- [0106] 일 양태에서 모터와 제너레이터는 하나의 모터 제너레이터로 형성된다.
- [0107] 일 양태에서, 플랜트는 모터-제너레이터와 압축기 사이 및 또한 모터-제너레이터를 압축기 또는 터빈에 기계적으로 그리고 교대로 연결하기 위한 모터-제너레이터와 터빈 사이에 바람직하게는 클러치 유형의 연결 장치를 포함한다 .
- [0108] 일 양태에서, 모터-제너레이터, 압축기 및 터빈은 동일한 축에 배치된다.
- [0109] 일 양태에서, 압축기에서 작동 유체의 압축은 단열, 간냉 또는 등온이다.
- [0110] 일 양태에서, 터빈에서의 작동 유체 팽창은 단열, 간가열 또는 등온이다.
- [0111] 일 양태에서, 보조 축열 장치(Thermal Energy Storage TES)는 압축기와 터빈에 연결된다.
- [0112] 일 양태에서, 보조 축열기는 압축기에서 그리고 충전 단계 동안 하나 이상의 중간 냉각과 함께 중간 냉각 압축을 구현하도록 구성된다.
- [0113] 일 양태에서, 보조 축열기는 터빈에서 그리고 배출 단계 동안 하나 이상의 내부 가열로 내부 가열 팽창을 수행하도록 구성된다.
- [0114] 일 양태에서, 충전 단계에서 복수의 중간 냉각을 수행하고, 중간 냉각의 일부의 열(보조 축열기에 축적됨)만을 사용하여 중간 냉각 횟수보다 적은 횟수의 중간 가열을 수행하는 것이 고려된다.
- [0115] 일 양태에서, 충전 단계에서는 복수의 중간 냉각을 수행하고 마지막 중간 냉각의 열(보조 축열기에 축적됨)만을 이용하여 배출 단계에서는 단일 중간 가열을 수행하는 것이 고려된다.
- [0116] 출원인은 중간 냉각 및 위에서 언급한 중간 가열과 함께 추가 열원에 의한 작동 유체의 추가 가열의 조합이 왕복 효율(RTE)을 100%보다 큰 값까지 증가시킬 수 있음을 확인했다.
- [0117] 일 양태에서, 1차 열 교환기는 고정식 또는 이동식 베드형 열 교환기이거나 이를 포함한다
- [0118] 일 양태에서, 상기 고정 층 또는 이동 층 열 재생기는 작동 유체에 의해 랩핑되는 적어도 하나의 열 매스를 포

함한다.

- [0119] 일 양태에서, 고정 층 또는 이동 층 열 재생기는 작동 유체에 의해 랩핑되지 않지만 압력을 수용할 수 있는 일반적으로 금속으로 제조된 벽에 의해 이와 분리된 적어도 하나의 열 매스를 포함하며, 따라서 매스는 대기압에 있다.
- [0120] 일 양태에서, 열 매스는 비간섭성 재료, 선택적으로 자갈 또는 금속 또는 세라믹 불을 포함한다.
- [0121] 일 양태에서, 열 매스는 응집성 재료, 선택적으로 시멘트 또는 세라믹 또는 금속을 포함한다.
- [0122] 일 양태에서, 1차 열 교환기는 1차 유체가 교차하는 1차 회로 또는 여러 1차 유체, 선택적으로 물, 오일 또는 염이 교차하는 1차 회로를 포함한다.
- [0123] 일 양태에서, 1차 회로는 작동 유체와 열을 교환하도록 구성된 열 교환 부분을 포함한다.
- [0124] 일 양태에서, 1차 회로는 상기 1차 유체를 위한 적어도 하나의 1차 저장 챔버, 바람직하게는 2개의 저장 챔버를 포함한다.
- [0125] 일 양태에서, 1차 회로는 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후 축적된 고온 1차 유체를 위한 고온의 1차 저장 챔버, 및 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체에 열을 전달한 후 축적된 저온 1차 저장 챔버를 포함한다.
- [0126] 일 양태에서, 1차 회로는 1차 유체에 의해 랩핑되는, 바람직하게는 대기압에서 작동하는 고정층 열 재생기를 포함한다.
- [0127] 일 양태에서, 2차 열 교환기는 2차 유체, 선택적으로 공기 또는 물에 의해 교차되는 2차 회로를 포함한다.
- [0128] 일 양태에서, 2차 회로는 작동 유체에 의해 랩핑되도록 구성된 열 교환 부분을 포함한다.
- [0129] 일 양태에서, 2차 회로는 이 2차 유체를 위한 적어도 하나의 2차 저장 챔버를 포함한다.
- [0130] 일 양태에서, 2차 회로는 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후 축적된 고온 2차 유체를 위한 고온의 2차 저장 챔버, 및 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체에 열을 전달한 후 축적된 저온 2차 저장 챔버를 포함한다.
- [0131] 일 양태에서, 2차 열 교환기는 1차 열 교환기와 상기 탱크 사이에 위치한다.
- [0132] 일 양태에서, 2차 열 교환기는 탱크에 통합되어 있다.
- [0133] 일 양태에서, 2차 열 교환기는 2차 유체, 전형적으로 물 또는 공기의 유량 및/또는 온도를 조절하는 시스템을 포함하고 시스템이 하위 임계 조건에서 작동할 때 특정 한계 내에서 저장 탱크의 압력을 조절할 수 있다.
- [0134] 온도 제어는 대기에서 열을 추가하거나 대기로 열을 제거하여 수행할 수 있으며, 또한 하루 중 다른 시간에 공기 및 물의 주변 온도의 정상적인 변동을 이용한다.
- [0135] 일 양태에서, 2차 열 교환기는 하나의 챔버 또는 2개의 챔버로 구성된 물이 가득찬 수조에 배열된다.
- [0136] 상기 2차 열 교환기에서 작동 유체는 바람직하게는 침지 펌프를 통해 물을 순환시킴으로써 충전 단계 동안 응축되고 배출 단계에서 증발된다. 상기 수조의 2개의 챔버는 덮거나 덮이지 않을 수 있고 환경과 연통되거나 연결되지 않을 수 있어서 충전 단계의 응축을 위해 물이 순환되는 챔버는 항상 주변 환경에 의해 냉각되는 반면 물이 공급되는 챔버는 주변 환경에 의해 냉각되고 배출 단계에서 증발을 위해 순환하는 것은 항상 주변 환경에 의해 가열되고 덮음으로써 고온으로 유지될 수 있다.
- [0137] 일 양태에서, 상기는 시스템의 RTE를 개선하기 위해 환경과 함께 대류 및 복사 방식으로 열을 흡수하거나 열을 방출하는 특수 교환 시스템에 의해 추가로 지원될 수 있다. 이러한 방식으로 시스템이 아임계 조건에서 작동할 때 압력 조정이 수행된다.
- [0138] 일 양태에서, 2차 열 교환기의 열 교환 부분은 탱크 내부에 수용된다.
- [0139] 일 양태에서, 2차 회로는 충전 구성에서 작동 유체로부터 열을 제거하거나, 배출 구성에서 100° C 미만, 선택적으로 0° C와 50° C 사이의 온도에서, 선택적으로 주변 온도에 가까운 온도에서 작동 유체로 열을 전달하도록 구성된다.
- [0140] 일 양태에서, 충전 구성/단계에서, 2차 열 교환기가 주위 온도에 근접한 조건에서 작동하기 때문에 유체가 주위

온도에 가까운 임계 온도를 갖는다는 사실로 인해, 2차 열 교환기를 통해 열 제거 단계가 대기와의 직접 또는 간접 교환 단계에 의해 지원된다.

- [0141] 일 양태에서, 배출 구성/단계에서 2차 열 교환기는 주위 온도에 가까운 조건에서 작동하기 때문에 유체는 주위 온도에 가까운 임계 온도를 가지며 2차 열 교환기를 통해 열을 공급하는 단계가 대기와의 직접 또는 간접 교환 단계에 의해 지원된다.
- [0142] 일 양태에서, 탱크는 구형 또는 실질적으로 구형이다.
- [0143] 일 양태에서, 탱크는 원통형 또는 실질적으로 원통형이다.
- [0144] 일 양태에서, 탱크의 외부 벽은 금속으로 제조된다.
- [0145] 일 양태에서, 탱크에 축적되는 작동 유체의 온도는 0° C 내지 100° C이다.
- [0146] 일 양태에서, 탱크에 축적되는 작동 유체의 압력은 10 바 내지 150 바, 바람직하게는 10 바 내지 150 바, 바람직하게는 50 내지 100 바, 바람직하게는 65 내지 85 bar이다.
- [0147] 일 양태에서, 탱크에 수용될 때 작동 유체의 밀도와 케이싱에 수용될 때 작동 유체의 밀도의 비율은 200 내지 500이다.
- [0148] 일 양태에서, 2차 열 교환기 및 1차 열 교환기는 작동 유체가 초임계 상태로 탱크에 축적되도록 작동 유체의 초임계 변환을 작동시키도록 구성된다.
- [0149] 일 양태에서, T-S 다이어그램에서 임계 온도 초과 앤드류스 벨 초과 온도까지 1차 열 교환기의 작동 유체로부터 열을 제거하기 위해 제공된다.
- [0150] 일 양태에서, 2차 열 교환기에서 작동 유체를 초임계 상태로 구현하여 앤드류스 벨의 우측 부분을 따르게 하여 작동 유체에서 열을 제거한다.
- [0151] 일 양태에서, 탱크는 탱크를 내부적으로 초임계상의 작동 유체에 대한 가변 부피를 갖는 제1 챔버 및 비-압축가능 유체, 선택적으로 물을 수용하는 보상 회로와 유체 연통하는 가변 부피를 갖는 제2 챔버로 분리하도록 구성된 분리 멤브레인을 포함한다.
- [0152] 일 양태에서, 보상 회로는 탱크의 제1 가변 부피 챔버에 수용된 초임계 작동 유체의 압력을 실질적으로 일정하게 유지하거나 또는 적어도 작동 유체 압력을 항상 일정한 최소값 이상으로 유지하도록 구성된다.
- [0153] 일 양태에서, 보상 회로는 제2 가변 부피 챔버와 유체 연통하는, 선택적으로 대기압에서 비압축성 유체를 위한 보조 탱크를 포함한다.
- [0154] 일 양태에서, 보상 회로는 보조 제너레이터에 연결되고 장치/공정의 충전 구성/단계에서 제2 가변 부피 챔버로부터 유입되는 비압축성 유체에 의해 회전하도록 구성된 보조 터빈을 포함한다.
- [0155] 일 양태에서, 충전 단계에서 보상 회로의 액체(일반적으로 물)의 팽창 에너지는 압축기를 통한 저장 시스템의 충전 에너지의 1/100 내지 7/100이다.
- [0156] 일 양태에서, 보상 회로는 보조 모터에 연결되고 장치/공정의 배출 구성/단계에서 비압축성 유체를 보조 탱크로부터 제2 가변 부피 챔버로 펌핑하도록 구성된 펌프를 포함한다.
- [0157] 일 양태에서, 배출 단계에서 보상 회로의 액체(일반적으로 물)의 펌핑 에너지는 터빈을 통한 저장 시스템의 배출 에너지의 1/100 내지 7/100이다.
- [0158] 일 양태에서, 2차 열 교환기 및 1차 열 교환기는 작동 유체가 탱크에 액체 상태로 축적되도록 작동 유체의 아임계 변환을 수행하도록 구성된다.
- [0159] 일 양태에서, T-S 다이어그램에서 임계 온도 미만의 온도가 되고 앤드류스 벨의 좌측 부분의 지점까지 도달할 때까지 1차 열 교환기의 작동 유체로부터 열을 제거하기 위해 제공된다.
- [0160] 일 양태에서, 작동 유체가 액상에 도달할 때까지 포화 증기 구역을 통과시켜 2차 열 교환기에서 작동 유체로부터 열을 제거하기 위해 제공된다.
- [0161] 추가의 특징 및 이점은 본 발명에 따른 에너지 저장을 위한 플랜트 및 공정의 바람직하지만 배타적이지 않은 실시예의 상세한 설명에서 보다 상세하게 나타날 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0162] 도 1은 본 발명에 따른 에너지 저장 플랜트의 실시예를 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 도 1의 플랜트의 변형을 도시한다.
- 도 3은 도 1 또는 도 2의 플랜트에서 구현된 본 발명에 따른 공정을 나타내는 T-S 다이어그램이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 에너지 저장 설비의 다른 실시예를 도시한다.
- 도 5는 도 4의 플랜트의 변형을 도시한다.
- 도 6은 도 4 또는 5의 플랜트에서 구현된 본 발명에 따른 공정을 도시하는 T-S 다이어그램이다.
- 도 7은 도 4 또는 도 5의 플랜트에서 구현된 본 발명에 따른 공정의 일부를 도시하는 T-Q 다이어그램이다.
- 도 8, 9 및 10은 도 2의 플랜트의 일부의 각각의 변형을 도시한다.
- 도 11 및 12는 도 1, 2, 4 및 5에서 플랜트의 상이한 부분에 대한 각각의 변형을 도시한다.
- 도 13은 본 발명에 따른 에너지 저장 플랜트의 다른 실시예를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0163] 첨부된 도면을 참조하면, 도면부호 1은 본 발명에 따른 에너지 저장용 플랜트가 전부피어로 표시되어 있다.
- [0164] 예를 들어, 플랜트(1)는 대기 이외의 작동 유체로 작동한다. 예를 들어, 플랜트(1)는 이산화탄소 CO<sub>2</sub>, 육불화황 SF<sub>6</sub>, 아산화질소 N<sub>2</sub>O를 포함하는 그룹에서 선택된 작동 유체로 작동한다. 다음 설명에서 설명된 플랜트(1)과 함께 사용되는 작동 유체는 이산화탄소 CO<sub>2</sub>이다.
- [0165] 플랜트(1)는 우선 일 방향으로 충전 구성/단계로 폐쇄 순환 열역학 변환(TTC)을 수행하고 그 다음 반대 방향으로 배출 구성/단계로 수행하도록 구성되며, 여기서 플랜트(1)는 충전 구성에서 열과 압력을 저장하고 배출 구성에서 전기 에너지를 생성한다.
- [0166] 도 1을 참조하면, 플랜트(1)는 단일 모터-제너레이터(4)의 샤프트에 기계적으로 연결된 터빈(2) 및 압축기(3)를 포함한다. 모터-제너레이터(4), 압축기(3) 및 터빈(2)은 동일한 축에 배열된다. 터빈(2)의 샤프트는 명령에 따라 모터-제너레이터(4)에 및 이로부터 터빈(2)을 연결 및 분리할 수 있는 클러치 유형의 연결 장치에 의해 모터-제너레이터(4)의 샤프트의 일 단부에 결합된다. 유사하게, 압축기(3)의 샤프트는 명령에 따라 모터-제너레이터(4)에 및 이로부터 연결 및 분리할 수 있는 클러치 유형의 연결 장치에 의해 모터-제너레이터(4)의 샤프트의 마주보는 단부에 결합된다. 여기에 도시되지 않은 다른 실시예에서, 모터는 압축기(3)에 견고하게 연결되고 제너레이터는 터빈(2)에 견고하게 연결된다. 이러한 경우 모터는 압축기(3)에 영구적으로 연결되고 제너레이터는 터빈(2)에 영구적으로 연결된다.
- [0167] 플랜트(1)는 바람직하게는 가요성 재료, 예를 들어, PVC 코팅된 폴리에스테르 직물로 제조된 압력 별론에 의해 형성된 케이싱(5)을 포함한다. 압력 별론은 지표면에 놓이고 외부에서 대기와 접촉한다. 압력 별론은 대기압 또는 실질적으로 대기압, 즉 대기와 압력의 평형 상태에서 작동 유체를 포함하도록 구성된 부피 내부의 범위를 정한다. 케이싱(5)은 또한 압력이 낮거나 또는 과압이 없는 가소미터(gasometer) 또는 임의의 다른 가스 저장 시스템으로 설계될 수 있다.
- [0168] 제1 파이프라인(6)은 터빈(2) 및 압축기(3)와 케이싱(5)의 내부 부피를 연결하기 위하여 터빈(2)의 출구(2b)와 케이싱(5) 사이에 및 압축기(3)의 입구(3a)와 케이싱(5) 사이에 형성된다. 밸브 또는 도시되지 않은 밸브 시스템은 압축기(3)의 입구(3a)가 있는 케이싱(5) 또는 케이싱(5)과 터빈(2)의 출구(2b)가 교대로 유체 연통되도록 제1 파이프라인(6)에 작동 가능하게 배치될 수 있다.
- [0169] 플랜트(1)는 압축기(3)의 출구(3b) 또는 터빈(2)의 입구(2a)와 선택적으로 유체 연통될 수 있는 1차 열 교환기(7)를 포함한다. 이를 위해, 터빈(2)의 입구(2a)와 1차 열 교환기(7) 사이 및 압축기(3)의 출구(3b)와 1차 열 교환기(7) 사이에 제2 파이프라인(8)이 형성된다. 밸브 또는 밸브 시스템(도시되지 않음)은 1차 열 교환기(7)를 터빈(2)의 입구(2a)와 연결하거나 또는 압축기(3)의 출구(3b)를 1차 열 교환기(7)와 연결하도록 제2 파이프라인(8) 상에 작동 가능하게 위치한다. 바람직한 실시예에서, 제2 파이프라인(8)에 위치한 밸브 또는 밸브 시스템은 단 하나뿐이다. 탱크(9)는 1차 열 교환기(7)와 유체 연통하고 작동 유체를 액체 또는 초임계 상태로 저장하도록

구성된다.

- [0170] 탱크(9)는 바람직하게는 구형 외부 벽을 갖는 금속으로 제조된다. 2차 열 교환기(10)는 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 사이, 또는 상기 탱크(9)에서 작동 가능하며 탱크(9)에 축적된 작동 유체 또는 축적 단계에서 작동하도록 구성된다. 도 1의 실시예에서, 2차 열 교환기(10)는 탱크(9) 내부에 수용되고 상기 탱크(9)에 포함된 작동 유체와 접촉하도록 구성된 자체 열 교환 부분(11)을 갖는다는 의미에서 탱크(9)에 통합된다. 제3 파이프(12)는 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 사이에 전개되어 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 및 2차 열 교환기(10)와 유체 연통한다.
- [0171] 도 1의 개략도에서, 플랜트(1)는 케이싱(5)과 압축기(2) 사이 및 케이싱(5)과 터빈(2) 사이에 작동 가능하게 배치된 추가 열 교환기(13) 및 가능하게는 터빈(2)의 출구(2b)에 연결된 제1 파이프라인(6)의 브랜치에 위치한 냉각기(13a)를 포함할 수 있다.
- [0172] 플랜트(1)는 또한 도시되지 않은 제어 유닛을 포함하고, 동일한 플랜트(1)의 상이한 요소들에 작동 가능하게 연결되고 그 작동을 관리하도록 구성/프로그래밍된다.
- [0173] 플랜트(1)는 충전 구성 또는 배출 구성으로 작동하거나 에너지 충전 단계와 배출 및 에너지 생성 단계를 포함하는 공정을 수행하도록 구성된다.
- [0174] 충전 구성에서, 플랜트(1)는 기체 형태의 작동 유체(CO<sub>2</sub>)가 대기압 또는 실질적으로 대기압 및 주변 온도와 실질적으로 동일한 온도(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(A))가 수용되는 제1 상태에서부터 개시된다. 케이싱(5)은 밸브 시스템을 통해 압축기(3)의 입구(3a)에 연결되고 터빈(2)의 출구(2b)와의 연통은 차단된다. 또한, 밸브 시스템에 의해, 1차 열 교환기(7)는 압축기(3)의 출구(3b)와 유체 연통하고 터빈(2)의 입구(2a)와의 연통은 차단된다. 모터-제너레이터(4)는 압축기(3)에만 결합되고 (정지 상태인) 터빈(2)에서 분리되고 케이싱(5)에서 나오는 작동 유체를 압축하는 것과 같이 압축기(3)를 구동하는 모터로 작동한다.
- [0175] 압축기(3)에 유입되기 전에 작동 유체는 작동 유체를 예열하기 위한 히터 역할을 하는 추가 열 교환기(13)를 통과한다(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(B)). 그 뒤 작동 유체는 압축기(3)에서 압축되고 가열된다(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(C)). 작동 유체는 압축된 작동 유체에서 열을 제거하고 이를 냉각(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(D))하고 작동 유체에서 제거된 열 에너지를 저장하는 냉각기 역할을 하는 1차 열 교환기(7)를 통해 흐른다. 지점(D)에서 작동 유체는 작동 유체의 임계 온도보다 낮은 온도에 있고 Andrews 벨의 좌측에 있는 지점 또는 약간의 과열 조건에서 벨의 약간 바깥쪽에 있다. 이 압축은 단열, 중간 냉각 또는 등온일 수 있다.
- [0176] 작동 유체는 이 구성에서 냉각기로 작동하는 2차 열 교환기(10)가 작동 유체로부터 더 많은 열을 제거하고 추가 열 에너지를 축적하는 탱크(9)로 유입된다. 작동 유체는 액체 상태에 도달할 때까지 포화 증기 영역을 통과한다(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(E)). 따라서 탱크(9)는 자체 임계 온도(T<sub>c</sub>)보다 낮은 온도에서 액상의 작동 유체를 축적한다. 제2 상태에서 액체 형태의 작동 유체(CO<sub>2</sub>, T<sub>c</sub> = 31° C)(예: 20° C)는 모두 탱크(9)에 포함된다. 따라서 2차 열 교환기(10)와 1차 열 교환기(9)는 작동 유체의 아임계 변환을 수행하도록 구성되어 작동 유체가 액체 상태로 탱크(9) 내에 축적된다.
- [0177] 배출 구성에서 플랜트(1)는 제2 상태(도 3의 T-S 다이어그램의 지점(F))에서 시작한다. 케이싱(5)은 밸브 시스템을 통해 터빈(2)의 출구(2b)와 연통되고 압축기(3)의 입구(3a)와의 연통은 차단된다. 또한, 밸브 시스템에 의해 1차 열 교환기(7)는 터빈(2)의 입구(2a)와 유체 연통하고 압축기(3)의 출구(3b)와의 연통은 차단된다. 모터-제너레이터(4)는 터빈(2)에만 결합되고 압축기(3)(정지 상태)로부터 분리되어 팽창하는 작동 유체에 의해 구동되는 터빈(2)에 의해 회전 구동되는 제너레이터로서 작동한다. 2차 열 교환기(10)는 히터로 작동하고 이전에 충전 구성에 축적된 열의 일부를 탱크(9)의 작동 유체로 전달한다. 작동 유체는 포화 증기 영역을 통과하여 증기 단계(도 3의 T-S 다이어그램에서 G 지점)에 도달한다. 작동 유체는 이제 히터로 작동하는 1차 열 교환기(7)를 통과하고 이전에 충전 구성에 축적된 추가 열을 작동 유체로 방출하고 가열한다(도 3의 T-S 다이어그램의 지점 H).
- [0178] 가열된 작동 유체는 터빈(2)으로 유입되어 팽창 및 냉각되며(도 3의 TS 다이어그램의 지점 I) 터빈(2)의 회전을 유발한다. 가열된 작동 유체에 의해 회전된 터빈(2)은 모터-제너레이터(4)를 구동하고, 이는 제너레이터로 작동하고 전기 에너지를 생성한다. 터빈의 작동 유체 팽창은 단열, 중간 가열 또는 등온일 수 있다. 터빈(2)에서 나오는 작동 유체는 추가 열 교환기(13)(도 3의 다이어그램 T-S의 J 지점)에서 냉각되고 대기압 또는 실질적으로 대기압에서 케이싱(5)으로 복귀된다. 이 단계에서 추가 열 교환기(13)는 각각의 추가 열 에너지 저장 장치에 추가 열 에너지를 저장하며, 이는 작동 유체를 예열하기 위해 다음 충전 단계에서 사용될 것이다.

- [0179] 도 3에 도시된 변환에서, 2차 회로(20)는 충전 구성에서 작동 유체로부터 열을 제거하거나, 배출 구성에서 주변 온도에 근접한 온도에서 예를 들어, 약 20° C에서 작동 유체로 열을 전달하도록 구성된다.
- [0180] 충전 및 배출 구성/단계 모두에서 2차 열 교환기(10)는 주변 온도에 근접한 조건에서 작동하기 때문에 유체가 주변 온도에 가까운 임계 온도를 갖는다는 사실로 인해 열이 2차 열 교환기에 의한 열 제거 단계 및/또는 열 공급 단계는 대기와의 직접 또는 간접 교환 단계에 의해 지원된다.
- [0181] 예를 들어, 탱크(9)에 축적된 작동 유체 온도(CO<sub>2</sub>)는 24° C이고 탱크(9)에 축적된 작동 유체 압력은 65바이다. 25° C 및 대기압에서 CO<sub>2</sub>의 밀도는 약 1.8kg/m<sup>3</sup>이다. 탱크(9)의 CO<sub>2</sub> 밀도는 약 730kg/m<sup>3</sup>이다. 따라서 표시된 조건에서 탱크(9)에 포함된 작동 유체의 밀도와 대기 조건에서 케이싱(5)에 포함된 동일한 작동 유체의 밀도 사이의 비율은 약 400이다. CO<sub>2</sub> 대신에 탱크(9)에 65bar 및 24° C로 저장된 대기 공기가 사용되었으며 밀도는 78kg/m<sup>3</sup>에 불과하고 이론적으로 필요한 탱크(9)의 부피는 약 10배가 된다. 예를 들어, 100MWh의 에너지를 저장할 수 있는 본 발명에 따른 플랜트(1)의 경우, 압력 벌룬의 부피는 약 400000 m<sup>3</sup>인 반면 탱크의 부피는 약 1000 m<sup>3</sup>이다.
- [0182] 도 2의 변형은 1차 열 교환기(7)의 유형, 즉 예를 들어 금속 볼로 구성된 열 매스체(14)를 포함하는 고정 층 열 재생기를 도시한다. 충전 구성/단계에서 열 매스체(14)는 열 에너지를 저장하는 금속 볼에 열을 전달하는 고온의 압축된 작동 유체에 의해 중첩된다. 방출 구성/단계에서 열 매스체(14)는 금속 볼로부터 열을 흡수하고 가열되는 냉간 작동 유체에 의해 중첩된다. 도시되지 않은 변형에서, 열 재생기는 또한 이동 층 유형일 수 있다. 따라서 1차 열 교환기(7)는 열 저장 장치(열 에너지 저장 TES)이다. 도 2에 도시된 고정층 열 재생기 대신 다른 유형의 열 재생기를 사용할 수 있다.
- [0183] 예를 들어, 가능한 1차 열 교환기(7)가 도 11에 도시되어 있다. 도 11에 도시된 바와 같이, 1차 열 교환기(7)는 물, 오일 또는 염과 같은 1차 유체가 교차하는 1차 회로(15)를 포함한다. 1차 회로(15)는 작동 유체와 열을 교환하도록 구성된 열 교환 부분(16)을 포함한다. 예를 들어, 위에 예시된 개략적인 실시예에서, 작동 유체가 흐르는 제2 파이프라인의 섹션은 열 교환 섹션(16)을 통과하여 1차 유체가 상기 섹션과 접촉하도록 한다. 1차 회로(15)는 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후에 축적된 고온 1차 유체를 위한 고온 1차 저장 챔버(17) 및 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체로 열을 전달한 후 축적된 저온 1차 유체를 위한 저온 1차 저장 챔버(18)를 포함한다. 열 교환 부분(16)은 고온의 1차 저장 챔버(17)와 1차 저온 저장 챔버(18) 사이에 배치된다. 장치/공정의 충전 구성/단계에서 1차 유체는 저온 1차 저장 챔버(18)에서 고온의 1차 저장 챔버(17)로 흐르고 이에 따라 작동 유체에서 열 제거를 제거한다. 장치/공정의 배출 구성/단계에서, 1차 유체는 작동 유체로부터 열을 방출하는 고온 1차 저장 챔버(17)로부터 저온 1차 저장 챔버(18)로 흐른다.
- [0184] 다른 가능한 1차 열 교환기(7)가 도 12에 도시되어 있다. 도 12에 도시된 것에 따르면, 1차 열 교환기(7)의 1차 회로(15)는 제2 파이프라인(8)을 통과하는 작동 유체에 의해 래핑되는 1차 회로(15)의 섹션에 의해 형성된 열 교환 부분(16)을 포함한다. 1차 회로(15)는 또한 바람직하게는 대기압에서 작동하고 바람직하게는 1차 유체에 의해 래핑되는 전술한 것과 유사한 고정층 열 재생기(19)를 포함한다.
- [0185] 도 2의 변형은 추가 열 교환기(13)가 장착되어 있지 않으므로 도시되지 않은 해당 T-S 다이어그램은 도 3의 다이어그램과 관련하여 지점 B 및 J를 나타내지 않는다.
- [0186] 도 2의 변형은 또한 2차 열 교환기(10)의 특정 구조를 갖는다. 도시된 2차 열 교환기(10)는 공기 또는 물과 같은 2차 유체가 교차하는 2차 회로(20)를 포함한다. 2차 회로(20)는 탱크(9) 내부에 수용된 열 교환 부분(11)에 추가하여 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후 축적된 2차 고온 유체를 위한 2차 고온 저장 챔버(21) 및 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체에 열을 방출한 후 축적된 2차 저온 유체를 위한 2차 저온 저장 챔버(22)를 포함한다. 위에서 언급한 챔버(21, 22)는 또한 위에서 언급한 열 교환 부분(11)에 추가로 팬(24)이 장착된 라디에이터(23)를 통하여 야간에는 2차 유체를 냉각하고 주간에는 가열하는 재순환 덕트를 통해 서로 연결된다. 도 8, 9 및 10은 탱크(9)와 관련된 2차 열 교환기(10)의 다른 변형을 보여준다.
- [0187] 도 8에서, 2차 회로(20)는 열 교환 부분(11)에 더하여, 예를 들어 공기 또는 바닷물과 같이 열 교환을 통해 추가적인 열 교환 부분(25)을 구비한다. 도 9에서, 2차 회로(20)는 보조 냉각기(27)에 작동 가능하게 연결된 물/열음 또는 다른 2상 시스템이 있는 2차 탱크(26)가 장착되어 있다.
- [0188] 도 10에서, 2차 회로(20)는 여러 개의 챔버(28a, 28b, 28c)로 구성된 물로 가득 찬 수조에 위치된다. 도 10에

도시된 실시예는 온수 저장을 위한 챔버(28a), 냉수 저장을 위한 챔버(28b) 및 2차 회로(20)의 하우징 부분 및 다른 것들과 유체 연통하는 챔버(28c)를 도시한다. 2차 회로(20)의 2차 유체는 수조 내의 물에 의해 냉각되거나 가열된다.

[0189] 작동 유체는 충전 단계에서 응축되고 적절하게 순환된 물에 의해, 바람직하게는 침지 펌프 및 2차 유체를 통해 배출 단계에서 증발된다. 상기 수조의 챔버(28)는 덮거나 덮이지 않을 수 있고 환경과 연통하거나 연통하지 않을 수 있으므로 충전 동안 응축을 위해 물이 순환되는 챔버는 적절한 패널(29)에 의해 주변 환경에 의해 항상 냉각되는 반면, 배출하는 동안 증발을 위해 순환되는 물은 항상 주변 환경에 의해 가열되고 덮개로 따뜻하게 유지될 수 있다. 위의 사항은 시스템의 RTE를 향상시키기 위해 환경과 함께 대류 및 복사를 통해 열을 흡수하거나 열을 방출하는 특수 교환 시스템에 의해 추가로 지원될 수 있다.

[0190] 도 4 및 5의 실시예는 2차 열 교환기(10)가 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 사이에 위치하기 때문에, 즉 탱크(9)에 통합되지 않기 때문에 이미 설명된 것과 구조적으로 상이하다. 2차 열 교환기(10)는 제3 파이프라인(12)과 정렬된다. 도 4는 일반적인 2차 열 교환기(10)를 도식적으로 도시한다. 도 5는 2차 열 교환기(10)의 개략적인 설계 예를 도시한다. 도 5에 도시된 2차 열 교환기(10)는 예를 들어, 2차 유체인 물에 의해 교차하는 2차 회로(20)를 포함한다. 2차 회로(20)는 제3 파이프라인(12)을 통과하는 작동 유체에 의해 랩핑되고 작동 유체와 열을 교환하도록 구성된 열 교환 부분(11)을 갖는다.

[0191] 도 5의 2차 회로(20)는 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후 축적된 2차 고온 유체를 위한 2차 고온 저장 챔버(21) 및 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체에 열을 배출한 후에 축적된 2차 저온 유체를 위한 2차 저온 저장 챔버(22)를 포함한다.

[0192] 열 교환 부분(11)은 2차 고온 저장 챔버(21)와 2차 저온 저장 챔버(22) 사이에 위치한다. 장치/공정의 충전 구성/단계에서, 2차 유체는 2차 저온 저장 챔버(22)에서 2차 고온 저장 챔버(21)로 흘러서 작동 유체로부터 열 제거를 한다. 장치/공정의 배출 구성/단계에서, 2차 유체는 2차 고온 저장 챔버(21)에서 2차 저온 저장 챔버(22)로 유동하여 작동 유체로부터 열을 방출한다. 2차 회로(20)는 또한 열 교환 부분(11)에서 2차 유체의 유량 및 2차 유체와 열을 교환하는 작동 유체의 온도 변화를 조정/변동시키기 위한 하나 이상의 중간 2차 저장 챔버(30)를 포함한다. 도 5는 2개의 중간 2차 저장 챔버(30)를 도시한다.

[0193] 도 4 및 도 5의 실시예는 또한 탱크(9)가 물을 수용하는 응축 회로(34)와 유체 연통하는 가변 부피(33)를 갖는 제2 챔버 및 초임계 상의 작동 유체에 대한 가변 부피(32)를 갖는 제1 챔버에서 탱크(9)를 내부적으로 분리하도록 구성된 분리막(31)을 포함하기 때문에 이미 설명된 것과 구조적으로 상이하다. 보상 회로(34)는 2차 열 교환기(20)로부터 나오고 탱크(9)의 제1 가변 부피 챔버(32)에 수용된 초임계 작동 유체에서 실질적으로 일정한 압력을 유지하도록 구성된다.

[0194] 보상 회로(34)는 적절한 파이프라인을 통해 탱크(9)의 하부 및 제2 가변 부피 챔버(33)와 유체 연통하는 대기압의 물을 위한 보조 탱크(35)를 포함한다. 보조 터빈(36)은 보조 탱크(35)에 연결된 출구 및 제2 가변 부피 챔버(33)와 연통하는 입구를 갖는다. 보조 터빈(36)은 보조 제너레이터(37)에 연결되고 장치/공정의 충전 구성/단계에서 제2 가변 부피 챔버(33)에서 나오는 물에 의해 회전하도록 구성된다. 펌프(38)는 보조 탱크(35)와 연통하는 입구 및 제2 가변 부피 챔버(33)에 연결된 출구를 갖는다. 펌프(38)는 보조 모터(39)에 연결되고 장치/공정의 배출 구성/단계에서 보조 탱크(35)에서 제2 가변 부피 챔버(33)로 물을 펌핑하도록 구성된다.

[0195] 도 6은 도 4 및 도 5의 실시예에 대한 T-S 다이어그램을 도시한다.

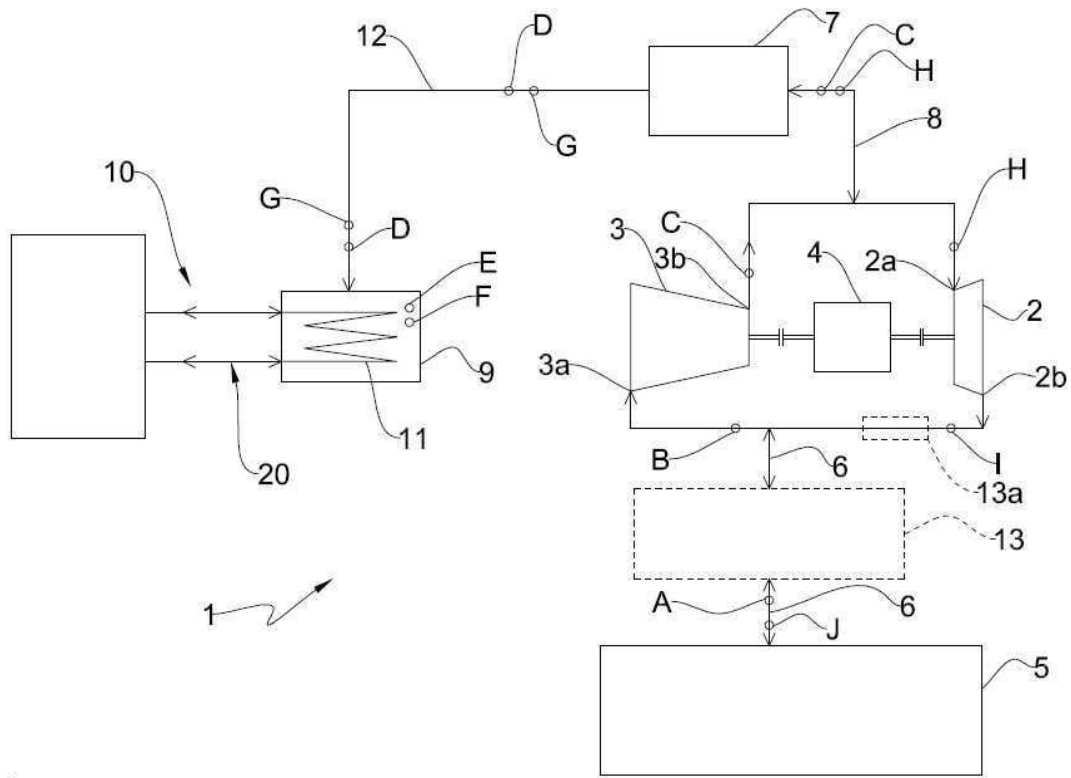
[0196] 도 7은 도 5의 실시예에 의해 수행된 열역학적 변환의 일부에 관한 T-Q 다이어그램을 도시한다.

[0197] 도 4 및 도 5의 실시예의 2차 열 교환기(10) 및 1차 열 교환기(7)는 작동 유체가 초임계 상태에서 탱크에 축적되도록 작동 유체의 초임계 변환을 작동하도록 구성된다. 사실, 도 3에 도시된 것과 달리, 1차 열 교환기(7)는 작동 유체로부터 열을 제거하여 임계 온도보다 높고 앤드류스 벨(Andrews bell)보다 높은 온도(도 6의 지점 D)로 구성된다. 그 후, 2차 열 교환기(10)는 작동 유체를 초임계 상(지점 E)으로 가져와 앤드류스 벨의 우측을 따르게 한다. 도 7은 충전 단계 동안 작동 유체의 지점 D에서 지점 E로의 온도 감소와 도 5의 2차 열 교환기(10)의 2차 작동 유체의 상응하는 온도 증가(지점 U, V, W, Z)를 보여준다. 동일한 도 7은 또한 배출 단계 동안 작동 유체의 지점 F에서 지점 G로의 온도 증가 및 도 5의 2차 열 교환기(10)의 2차 작동 유체의 상응하는 온도 감소를 예시한다(지점 Z, W, V, U).

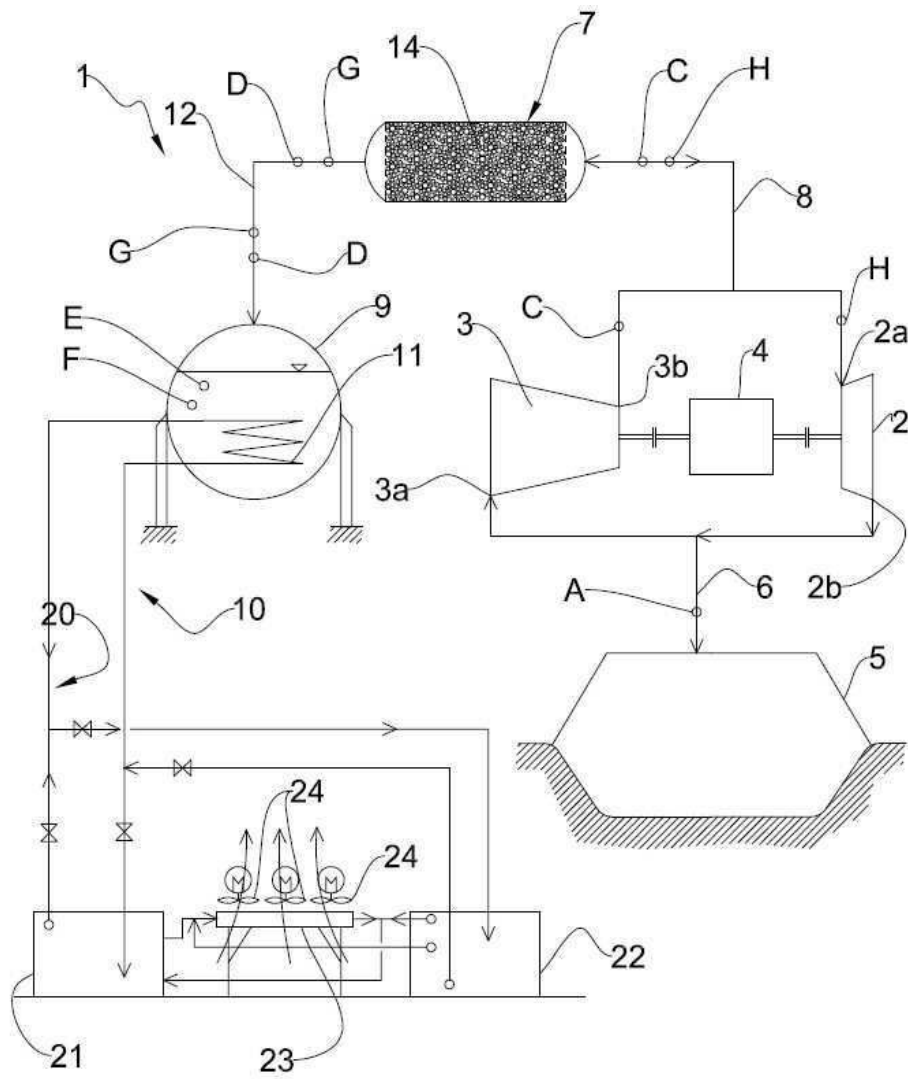
- [0198] 예를 들어, 탱크(9)의 초임계 단계에서 축적된 작동 유체 온도(CO<sub>2</sub>)는 25°C이고 탱크(9)에서 초임계 단계에서 축적된 작동 유체 압력은 100bar이다. 25° C 및 대기압에서 CO<sub>2</sub>의 밀도는 약 1.8kg/m<sup>3</sup>이다. 탱크(9)의 CO<sub>2</sub> 밀도는 약 815kg/m<sup>3</sup>이다. 따라서, 표시된 조건하에서 탱크(9)에 수용된 작동 유체의 밀도와 대기 조건하에서 케이싱(5)에 수용될 때 동일한 작동 유체의 밀도 사이의 비는 약 450이다. 도 10의 2차 열 교환기의 구조는 도 4 및 도 5의 실시예에서도 채택될 수 있음을 주목해야 한다.
- [0199] 또한, 2차 열 교환기는 시스템이 아임계 조건에서 작동할 때 특정 한계 내에서 저장 탱크의 압력을 조절할 수 있는 2차 유체, 일반적으로 물 또는 공기에 대한 유량 및/또는 온도 제어 시스템이 장착될 수 있다. 온도 제어는 예를 들어 대기에서 열을 추가하거나 대기로 열을 제거함으로써 수행될 수 있으며, 또한 하루 중 다른 시간에 공기와 물의 주변 온도의 정상적인 변동을 이용한다.
- [0200] 작동 유체로서 CO<sub>2</sub>를 사용하는 예시된 실시예에서, CO<sub>2</sub> 탈수 시스템, 예를 들어 제올라이트를 사용한 제습기가 또한 바람직하게는 회로에서 잠재적인 탄산 형성을 방지하기 위해 존재한다.
- [0201] 도 13은 플랜트(1)의 다른 변형을 도시한다. 이는 도 1에 공통된 주요 요소, 즉 터빈(2), 압축기(3), 모터 제너레이터(4), 케이싱(5), 1차 열 교환기(7)(TES 열 저장 장치), 탱크(9) 및 2차 열 교환기(10)에 대해 공통이다. 여기에 도시된 플랜트(1)는 또한 추가 열 교환기(13)를 포함한다.
- [0202] 도 4에 도시된 실시예에서와 같이, 2차 열 교환기(10)는 1차 열 교환기(7)와 탱크(9) 사이에 위치하고, 즉 탱크(9)에 통합되지 않는다. 도 2에 도시된 설비와 유사하게, 2차 열 교환기(10)는 2차 유체, 예를 들어 물이 교차하는 2차 회로(20)를 포함한다.
- [0203] 2차 회로(20)는 열 교환 부분(11) 외에 2차 저장 챔버(200)를 포함하며, 장치/공정의 충전 구성/단계에서 작동 유체로부터 열을 제거한 후 축적된 2차 고온 유체 및 2차 저온 유체용 장치/공정의 배출 구성/단계에서 작동 유체에 열을 방출한 후 축적된다. 상기 언급된 2차 저장 챔버(200)는 또한 예를 들어 밤 동안 2차 유체를 냉각하고 낮 동안 가열하는 재순환 덕트에 배치된 하나 이상의 팬(24)이 장착된 라디에이터(23)와 결합된다. 전술한 2차 저장 챔버(200)도 해당 회로(210)를 통해 추가 열 교환기(13)와 연결된다.
- [0204] 이 실시예에서, 플랜트(1)는 또한 추가 열원(230)으로부터 열을 받는 적어도 하나의 추가 열 교환기(220)를 포함한다. 추가 열 교환기(220)는 터빈(2)의 입구(2a)와 1차 열 교환기(7) 사이의 제2 파이프라인(8)에 위치한다. 추가 열원(230)은 예를 들어 태양광원(예: 태양광 분야), 산업 회수에서 파생된 잔류 열(폐열 회수), 가스 터빈의 배기 열 등이지만 이에 국한되지 않는다. 추가 열원(230)은 배출 단계에서 추가 열을 제공한다. 추가 열원(230) 및 추가 열 교환기(220)를 통해 배출 단계에서 작동 유체가 터빈(2)에 들어가기 직전에 가져오는 온도는 충전 단계 동안에 압축의 종료 시에 획득되는 작동 유체의 온도보다 높다. 예를 들어, 작동 유체가 추가 열원(230) 및 추가 열 교환기(220)에 의해 가져오는 온도는 압축의 종료 시에 작동 유체의 온도보다 약 100° C 높지만 200° C 또는 300° C 또는 400° C 더 높다.
- [0205] 플랜트(1)는 또한 압축기(3)(충전 단계 동안에) 내에서 중간 냉각 압축(하나 이상의 냉각)을 달성하고, 터빈(2)(배출 단계 동안) 내에서 중간 가열 팽창(하나 이상의 중간 가열)을 달성하기 위하여 적절한 회로를 통해 압축기(2) 및 터빈(2)에 연결된 보조 열 저장 장치(240)(열 에너지 저장 TES)가 장착된다. 중간 냉각 압축 시 보조 축열기(240)에 축적된 열은 전체 또는 일부를 이용하여 중간 가열 팽창을 이루게 된다. 도 13의 플랜트로 수행되는 공정의 실시예에서,
- [0206] 충전 단계에서 중간 냉각을 수행하지 않고 배출 단계에서 중간 가열을 수행하지 않고 추가 열원(230) 및 추가 열 교환기(220)를 통해 배출 단계에서 추가 열을 제공하도록 제공된다.
- [0207] 도 13의 플랜트로 수행된 공정의 변형에서, 배출 단계에서 충전 단계에서 하나 이상의 중간 냉각을 구성하고 배출 단계에서 동일한 수의 중간 가열을 구성하기 위하여 추가 열 교환기(220)와 추가 열원(230)을 통하여 배출 단계에서 추가 열을 제공한다.
- [0208] 도 13의 플랜트로 수행되는 공정의 추가 실시예에서, 충전 단계에서 다수의 중간 냉각을 수행하고 최종 중간 냉각의 열을 사용하여 배출 단계에서 단일의 중간 냉각을 수행하고 추가로 추가 열 교환기(220)와 추가 열원(230)을 통하여 배출 단계에서 추가 열로 가열할 수 있다. 보조 열 저장부(240) 내에 저장된 열 및 나머지 중간 냉각으로부터 유입되는 열은 예를 들어, 공동 생성을 위해 다른 목적으로 사용될 수 있다.

도면

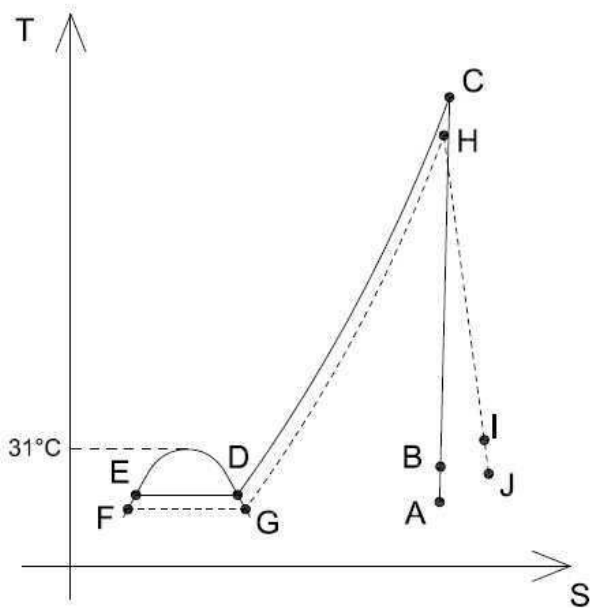
도면1



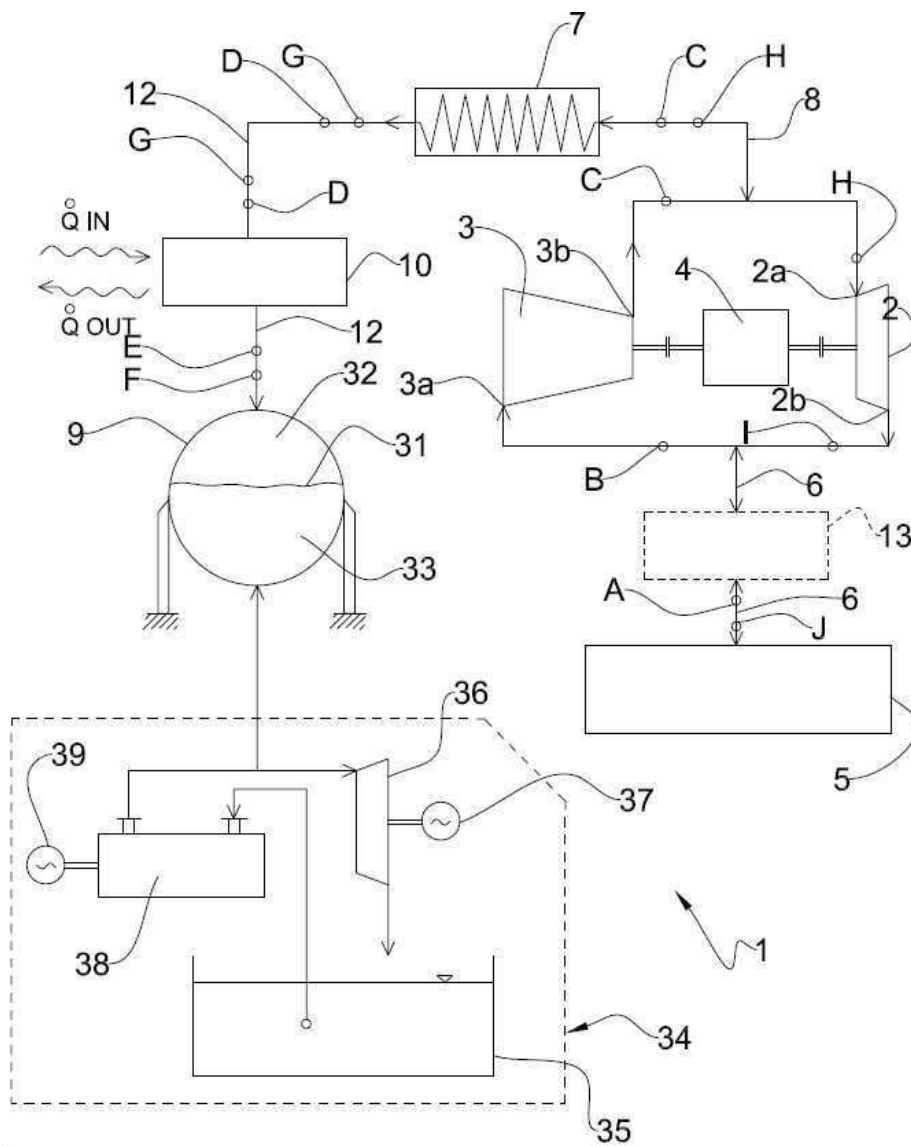
도면2



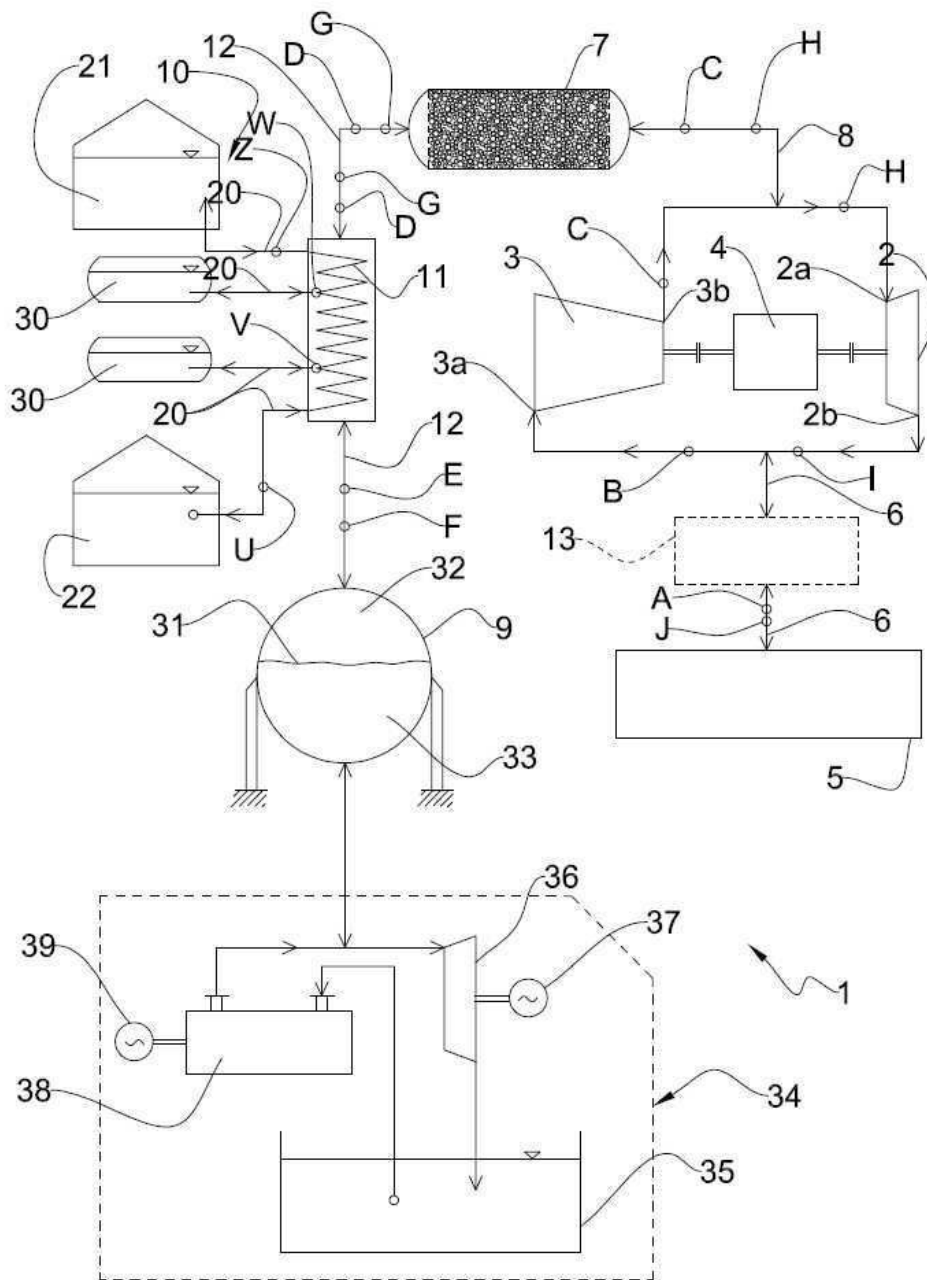
도면3



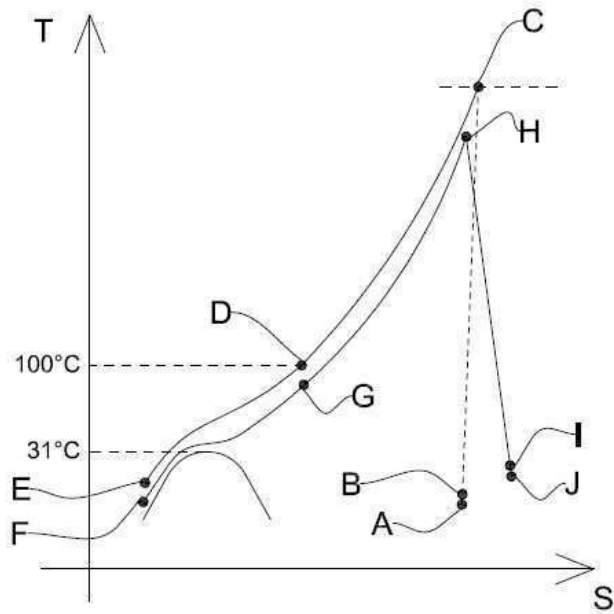
도면4



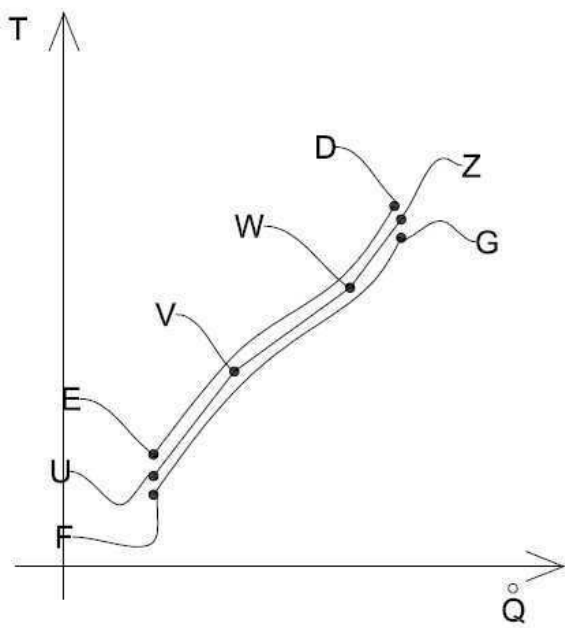
도면5



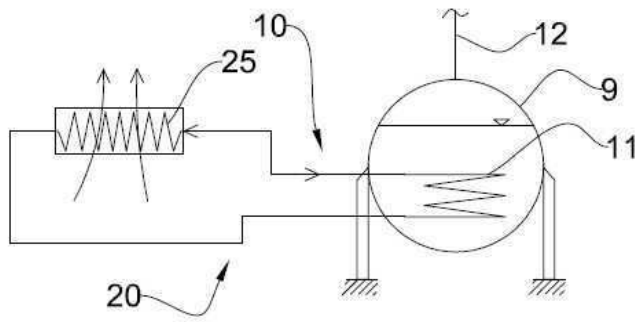
도면6



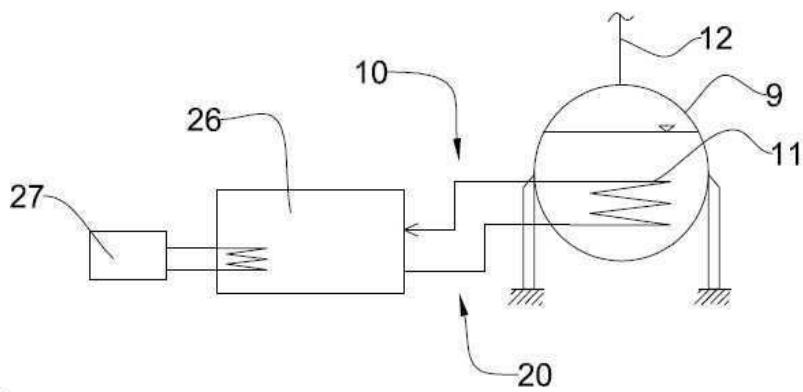
도면7



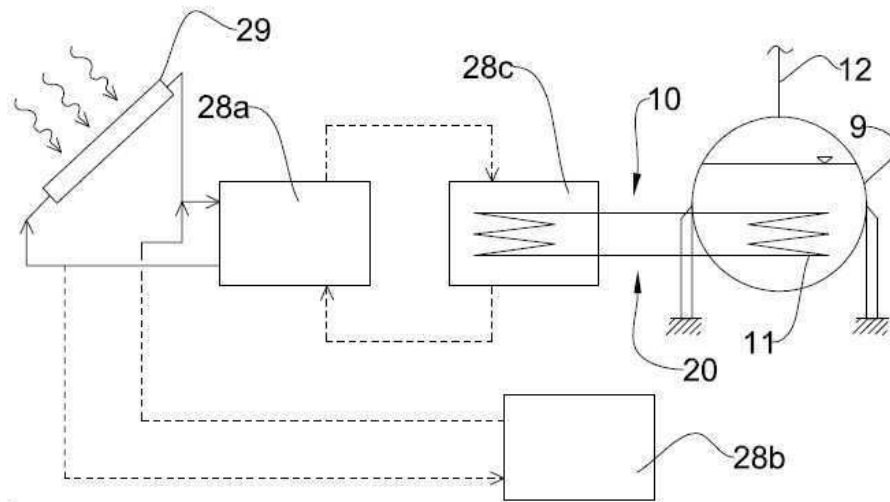
도면8



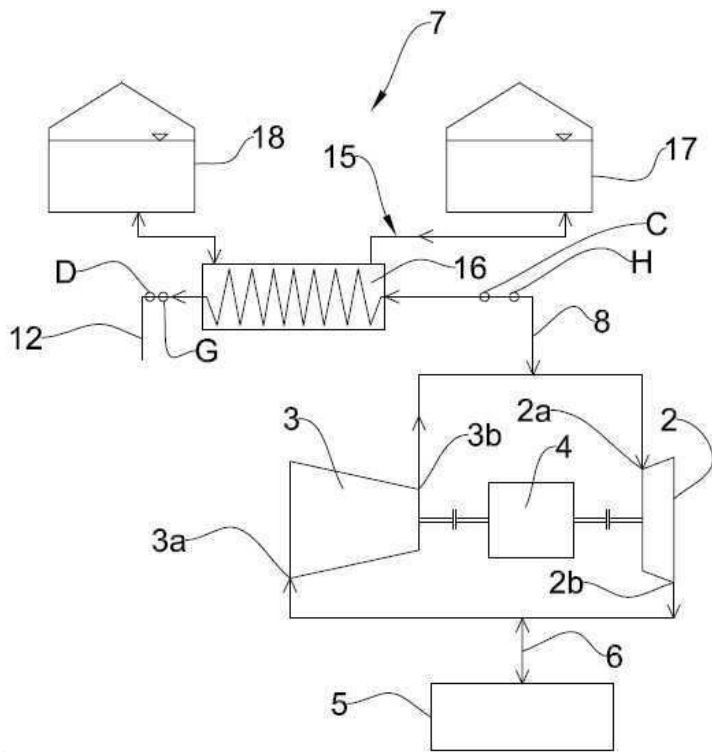
도면9



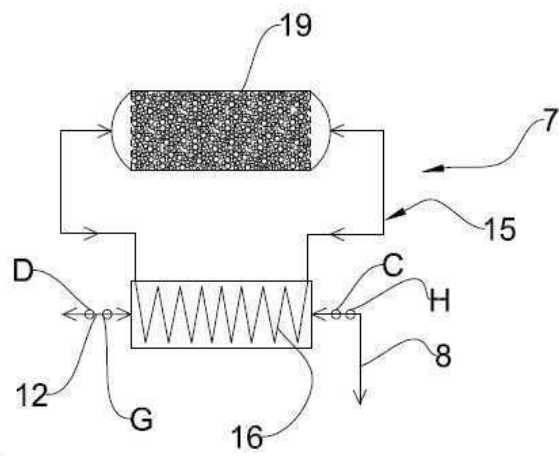
도면10



도면11



도면12



도면13

