

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2016년 11월 10일 (10.11.2016)



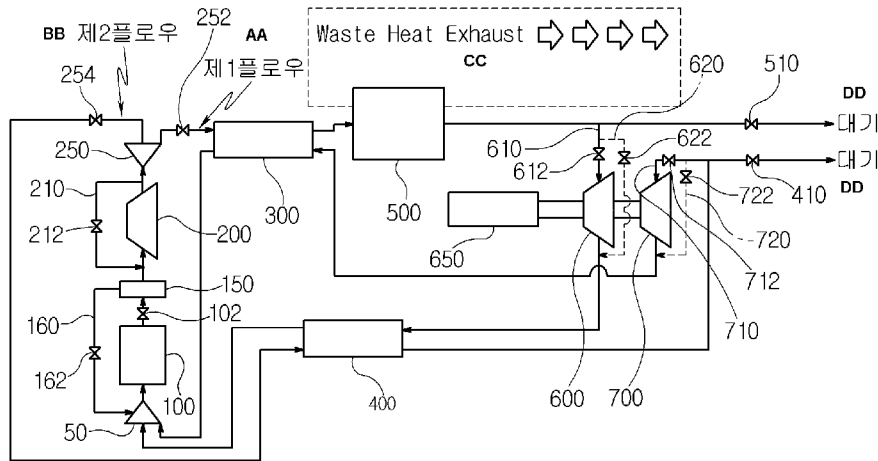
(10) 국제공개번호  
WO 2016/178470 A1

- (51) 국제특허분류:  
F01K 25/10 (2006.01) F01K 13/00 (2006.01)  
F01K 7/32 (2006.01) F22B 1/18 (2006.01)  
F01K 7/22 (2006.01) F01D 15/10 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/000613
- (22) 국제출원일: 2016년 1월 20일 (20.01.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2015-0062435 2015년 5월 4일 (04.05.2015) KR
- (71) 출원인: 두산중공업 주식회사 (DOOSAN HEAVY INDUSTRIES & CONSTRUCTION CO., LTD.) [KR/KR]; 51711 경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22, Gyeongsangnam-do (KR).
- (72) 발명자: 노철우 (ROH, Chul Woo); 15023 경기도 시흥시 역전로 375-8, 103동 404호, Gyeonggi-do (KR). 강승규 (KANG, Sung Gju); 16944 경기도 용인시 수지구 광교중앙로 295번길 21 C동 314호, Gyeonggi-do (KR). 황정호 (HWANG, Jeong Ho); 16944 경기도 용인시 수지구 광교중앙로 295번길 3, B동 824호, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 정안 (HONESTY & JR PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY LAW GROUP); 135-833 서울특별시 강남구 선릉로 615 5층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE POWER GENERATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 초임계 이산화탄소 발전 시스템



AA ... First flow  
 BB ... Second flow  
 CC ... Waste Heat Exhaust  
 DD ... Atmosphere

(57) Abstract: The present invention relates to a supercritical carbon dioxide power generation system. According to the present invention, turbines for driving a power generator are used in parallel, thereby reducing an operating RPM of the turbine so as to distribute torque. Therefore, the efficiency of the entire system is improved since a high turbine RPM problem, which is one of efficiency reduction factors, can be solved and operation fluid at an outlet side of the turbine can be gradually recuperated.

(57) 요약서: 본 발명은 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 발전기를 구동하는 터빈을 병렬적으로 사용함으로써 터빈의 운전 RPM을 줄여 토크를 분산시킬 수 있다. 따라서 효율 저하의 요소 중 하나인 터빈의 고 RPM 문제를 해소할 수 있으며, 터빈의 출구측 작동 유체를 순차적으로 복열시킬 수 있어 시스템 전체의 효율이 향상되는 효과가 있다.



WO 2016/178470 A1

**공개:**

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 초임계 이산화탄소 발전 시스템

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시스템의 발전 효율을 향상시킬 수 있는 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 국제적으로 효율적인 전력 생산에 대한 필요성이 점차 커지고 있고, 공해물질 발생을 줄이기 위한 움직임이 점차 활발해짐에 따라 공해물질의 발생을 줄이면서 전력 생산량을 높이기 위해 여러 가지 노력을 기울이고 있으며, 그 중 하나로 일본특허공개 제2012-145092호에 개시된 바와 같이 초임계 이산화탄소를 작동 유체로 사용하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템(Power generation system using Supercritical CO<sub>2</sub>)에 대한 연구 개발이 활성화되고 있다.
- [3] 초임계 상태의 이산화탄소는 액체 상태와 유사한 밀도에 기체와 비슷한 점성을 동시에 가지므로 기기의 소형화와 더불어, 유체의 압축 및 순환에 필요한 전력소모를 최소화할 수 있다. 동시에 임계점이 섭씨 31.4도, 72.8기압으로, 임계점이 섭씨 373.95도, 217.7기압인 물보다 매우 낮아서 다루기가 용이한 장점이 있다. 이러한 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 섭씨 550도에서 운전할 경우 약 45% 수준의 순발전효율을 보이며, 기존 스팀 사이클의 발전효율 대비 20% 이상의 발전효율 향상과 함께 터보기기를 수십 분의 1 수준으로 축소 가능한 장점이 있다.
- [4] 그런데 이러한 종래의 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 사이클의 특성상 고 RPM의 터빈을 사용하게 되는 경우, 토크 컨버터나 기어 박스 등을 이용해 발전기에 적합한 회전수로 터빈의 출력을 변환하여 전달해야 했다. 또는 인버터를 이용해 발전된 전력의 주파수를 변환해 일정한 출력 주파수를 낼 수 있도록 해야 했다. 따라서 이러한 종래의 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 사이클 내의 여러 부분에서 동력 손실 및 효율 저하가 발생할 여지가 많으며, 추가적인 부품 및 공정에 의한 비용이 상승 문제가 있다.

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

- [5] 본 발명의 목적은 병렬 팽창 방식의 캐스케이드 사이클을 적용해 최적의 효율을 제공하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제공하는 것이다.

##### 과제 해결 수단

- [6] 본 발명은 작동 유체를 압축하는 압축기와, 상기 압축기를 통과한 상기 작동 유체와 열교환하는 제1 열교환기와, 상기 제1 열교환기를 통과한 상기 작동 유체를 팽창시키며 발전기에 연결되어 전력을 생산하는 고온 터빈과, 상기

압축기를 통과한 상기 작동 유체와 열교환하는 제2 열교환기와, 상기 제2 열교환기를 통과한 상기 작동 유체를 팽창시키며 상기 발전기에 연결되어 전력을 생산하는 저온 터빈과, 상기 제1 열교환기와 상기 고온 터빈의 사이에 구비되어 상기 제1 열교환기에서 복열된 상기 작동 유체와 열교환하는 제3 열교환기와, 상기 고온 터빈 및 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시켜 상기 압축기로 공급하는 쿨러를 포함하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제공할 수 있다.

- [7] 상기 작동 유체의 플로우(flow)는 상기 압축기의 후단에서 제1 플로우와 제2 플로우로 나뉘며, 상기 제1 플로우는 상기 압축기에서 상기 제1 열교환기로 유입되는 것을 특징으로 한다.
- [8] 상기 제2 열교환기는 상기 작동 유체의 상기 제2 플로우가 유입되어 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [9] 상기 저온 터빈은 상기 제2 열교환기로부터 상기 작동 유체가 공급되면 상기 발전기로 구동력을 전달하고, 상기 제2 열교환기로부터 상기 작동 유체가 공급되지 않으면 상기 발전기로 구동력을 전달하지 않는 것을 특징으로 한다.
- [10] 상기 고온 터빈과 상기 저온 터빈 중 어느 하나의 터빈은 중공축 상에 형성되고 다른 하나의 터빈은 상기 중공축에 삽입되어 있는 축 상에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [11] 상기 고온 터빈의 축은 상기 발전기의 축의 일측에 연결되어 상기 발전기에 구동력을 전달하고, 상기 저온 터빈의 축은 상기 발전기의 축의 타측에 연결되어 상기 발전기에 구동력을 전달하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기는 상기 작동 유체를 복열하는 리큐퍼레이터(recuperator)인 것을 특징으로 한다.
- [13] 상기 제3 열교환기는 외부 열원으로부터 회수한 폐열을 상기 작동 유체에 전달하는 것을 특징으로 한다.
- [14] 상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제2 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [15] 상기 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제1 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [16] 상기 작동 유체의 플로우는 상기 압축기의 후단에서 나뉘는 제3 플로우를 더 포함한다.
- [17] 상기 작동 유체의 상기 제3 플로우가 유입되어 복열되는 제4 열교환기와, 상기 발전기에 연결되어 전력을 생산하는 중온 터빈을 더 포함하며, 상기 제4 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 중온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 한다.
- [18] 상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 거쳐 상기

- 쿨러로 보내지며, 상기 제2 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [19] 상기 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제1 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [20] 상기 중온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제3 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제3 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제4 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 한다.
- [21] 상기 제4 열교환기는 상기 작동 유체를 복열하는 리큐퍼레이터(recuperator)인 것을 특징으로 한다.
- [22] 상기 압축기의 후단에 구비되어 상기 작동 유체의 플로우(flow)를 상기 제1 플로우 내지 제3 플로우로 분배하는 분배기를 더 포함한다.
- [23] [유리한 효과]
- [24] 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 발전기를 구동하는 터빈을 병렬적으로 사용함으로써 터빈의 운전 RPM을 줄여 토크를 분산시킬 수 있다. 또한, 터빈의 출구측 작동 유체를 순차적으로 복열시킬 수 있어 시스템 전체의 효율이 향상되는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [25] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 블록도,
- [26] 도 2는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 블록도이다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [27] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [28] 일반적으로 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 발전에 사용된 이산화탄소를 외부로 배출하지 않는 폐사이클(close cycle)을 이루며, 작동 유체로 초임계 상태의 이산화탄소를 이용한다.
- [29] 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 작동 유체가 이산화탄소이므로 화력 발전소 등에서 배출되는 배기 가스를 이용할 수 있어 단독 발전 시스템뿐만 아니라 화력 발전 시스템과의 하이브리드 발전 시스템에도 사용될 수 있다. 초임계 이산화탄소 발전 시스템의 작동 유체는 배기 가스로부터 이산화탄소를 분리하여 공급할 수도 있고, 별도의 이산화탄소를 공급할 수도 있다.
- [30] 사이클 내의 이산화탄소는 압축기를 통과한 후, 히터 등과 같은 열원을 통과하면서 가열되어 고온고압의 초임계 상태가 되며, 초임계 이산화탄소 유체가 터빈을 구동시킨다. 터빈에는 발전기가 연결되며, 터빈에 의해 구동되어 전력을 생산한다. 전력의 생산에 이용된 이산화탄소는 열교환기를 거치면서

냉각되며, 냉각된 작동 유체는 다시 압축기로 공급되어 사이클 내를 순환한다. 터빈이나 열교환기는 복수 개가 구비될 수 있다.

- [31] 본 발명에서는 이러한 기본적인 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 복수의 팽창 장치인 터빈을 병렬 적용한 캐스케이드 사이클을 적용함으로써 시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제안한다.
- [32] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템이란 사이클 내에서 유동하는 작동 유체 모두가 초임계 상태인 시스템뿐만 아니라, 작동 유체의 대부분이 초임계 상태이고 나머지는 아임계 상태인 시스템도 포함하는 의미로 사용된다.
- [33] 또한, 본 발명의 다양한 실시 예에서 작동 유체로 이산화탄소가 사용되는데, 여기서 이산화탄소란, 화학적인 의미에서 순수한 이산화탄소, 일반적인 관점에서 불순물이 다소 포함되어 있는 상태의 이산화탄소 및 이산화탄소에 한가지 이상의 유체가 첨가물로서 혼합되어 있는 상태의 유체까지도 포함하는 의미로 사용된다.
- [34]
- [35] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 블록도이다.
- [36] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 이산화탄소를 작동 유체로 사용하며, 작동 유체를 압축시키는 압축기(200)와, 압축기(200)를 통과한 작동 유체의 일부와 열교환하는 제1 열교환기(300)와, 제1 열교환기(300)를 거친 작동 유체에 의해 구동되는 고온 터빈(600)과, 압축기(200)를 통과한 작동 유체의 나머지와 열교환하는 제2 열교환기(400)와, 제2 열교환기(400)를 거친 작동 유체에 의해 구동되는 저온 터빈(700)과, 고온 터빈(600) 및 저온 터빈(700)을 거친 작동 유체가 압축기(200)로 유입되기 전 냉각시키는 쿨러(100)와, 제1 열교환기(300)를 통과한 작동 유체를 재열하는 제3 열교환기(500)를 포함할 수 있다.
- [37] 본 발명의 각 구성들은 작동 유체가 흐르는 이송관에 의해 연결되며, 특별히 언급하지 않더라도 작동 유체는 이송관을 따라 유동하는 것으로 이해되어야 한다. 다만, 복수 개의 구성들이 일체화 되어 있는 경우, 일체화된 구성 내에 사실상 이송관의 역할을 하는 부품 내지 영역이 있을 것이다. 이 경우에도 당연히 작동 유체는 이송관을 따라 유동하는 것으로 이해되어야 한다. 별도의 기능을 하는 유로의 경우 추가로 설명하기로 한다.
- [38] 고온 터빈(600) 및 저온 터빈(700)은 작동 유체에 의해 구동되어 이 터빈들 중 적어도 어느 하나의 터빈에 연결된 발전기(650)를 구동시킴으로써 전력을 생산하는 역할을 한다. 고온 터빈(600) 및 저온 터빈(700)은 작동 유체가 고온 터빈(600) 및 저온 터빈(700)을 통과하면서 팽창되므로 팽창기(expander)의 역할도 하게 된다.
- [39] 여기서 고온 터빈(600)과 저온 터빈(700)이라는 용어는 상대적인 의미를 갖는

용어로서, 특정 온도를 기준값으로 하여 그보다 높으면 고온이고 그보다 낮으면 저온이라는 의미로 이해되지 않아야 함을 밝혀둔다.

[40]

[41] 이상의 구성을 갖는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템의 세부 구성에 대해 좀더 상세히 설명하기로 한다.

[42]

쿨러(100)로 주입된 기체 상태의 작동 유체는 냉각되면서 액체 상태로 상변화를 일으킨다. 쿨러(100)의 전단에는 작동 유체를 추가적으로 공급하거나 고온 터빈(600) 또는 저온 터빈(700)을 거친 작동 유체를 쿨러(100)로 주입시키는 제1 헤더(50)가 구비될 수 있다. 제1 헤더(50)는 일종의 분배기 또는 작동 유체 공급기의 역할을 한다. 쿨러(100)의 후단에는 쿨러 유량 조절 밸브(102)가 구비되며, 플래쉬 탱크(150)로 주입되는 액체 상태의 작동 유체의 유량을 조절한다.

[43]

본 발명의 초임계 이산화탄소 발전 시스템이 랭킨 사이클로 구성되는 경우, 작동 유체가 액체 상태와 기체 상태간의 상변화가 이루어지며, 플래쉬 탱크(150)는 액상의 작동 유체가 쿨러(100) 쪽으로 역류되지 않도록 하기 위한 구성이다. 쿨러(100)의 전단과 플래쉬 탱크(150)는 탱크 순환 바이패스 라인(160)에 의해 연결되고, 탱크 순환 바이패스 라인(160) 상에 탱크 순환 조절 밸브(162)가 설치될 수 있다. 탱크 순환 조절 밸브(162)가 개방되면 액화가 되지 않고 기체 상태로 남아있는 작동 유체가 탱크 순환 바이패스 라인(160)을 타고 쿨러(100)로 보내진다. 플래쉬 탱크(150)를 거친 액상의 작동 유체는 압축기(200)에서 고압으로 압축된다.

[44]

압축기(200)에서 압축된 고압의 작동 유체는 압축기(200)의 후단에서 2개의 플로우로 나누어질 수 있다. 작동 유체의 플로우(flow)는 압축기(200)의 후단에 구비된 제2 헤더(250)를 통해 제1 열교환기(300)로 보내지는 제1 플로우와, 제2 열교환기(400)로 보내지는 제2 플로우로 구분된다.

[45]

제2 헤더(250)에서 작동 유체의 유량 분배는 열전달량의 한계와 유량 및 엔탈피의 차이를 고려하여 시스템 설계 시 미리 설정될 수 있다. 일 예로, 고온 터빈(600) 쪽으로 보내지는 제1 플로우와 저온 터빈(700) 쪽으로 보내지는 제2 플로우의 비율은 60:40으로 설정될 수 있다. 그러나 외부의 열 에너지 유입량, 외부 기온의 변화량, 기동 상황인지 운전 상황인지 등에 따라 작동 유체의 유량 분배 설정이 달라질 수 있다. 추가적인 유량 분배의 기준으로는 폐열을 흡수하는 주 열교환기가 어느 것인가를 들 수 있으며, 주 열교환기 쪽으로 보내지는 작동 유체의 유량이 커지도록 설정할 수 있다.

[46]

제1 열교환기(300)에 연결되는 이송관 상에 설치된 제1 유량 조절 밸브(252)의 개방 시 제1 플로우는 제1 열교환기(300)로 보내진다. 제2 열교환기(400)에 연결되는 이송관 상에 설치된 제2 유량 조절 밸브(254)의 개방 시 제2 플로우는 제2 열교환기(400)로 보내진다.

[47]

제1 플로우를 따라 순환하는 작동 유체는 제1 열교환기(300) 및 제3

열교환기(500)를 거쳐 복열 및 가열된 후 고온 터빈(600)에서 팽창되고, 제2 열교환기(400)를 거쳐 다시 쿨러(100)로 순환된다.

[48] 제2 플로우를 따라 순환하는 작동 유체는 제2 열교환기(400)를 거쳐 복열된 후 저온 터빈(700)에서 팽창되고, 제1 열교환기(300)를 거쳐 다시 쿨러(100)로 순환된다.

[49] 여기서 제1 열교환기(300)는 작동 유체를 복열하는 저온의 리큐퍼레이터(recuperator)이며, 제2 열교환기(400)는 작동 유체를 복열하는 고온의 리큐퍼레이터이다. 여기서 저온 및 고온의 의미는 제1 열교환기(300)가 제2 열교환기(400)에 비해 상대적으로 저온이고 제2 열교환기(400)가 제1 열교환기(300)에 비해 상대적으로 고온임을 의미한다.

[50] 제3 열교환기(500)는 열원으로부터 열을 전달받아 본 발명의 다양한 실시예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템의 작동 유체에 전달한다. 여기서 열원으로는 예컨대 철강공장, 화학공장, 발전소, 연료운송라인 등 폐열을 배출하는 시설이나 기기 등의 될 수 있으며, 제3 열교환기(500)는 상기 열원들 이외에도 다양한 열원들로부터 열을 전달받는 데에 적합한 구조를 갖는 구성이 채용될 수 있다.

[51]

[52] 한편, 압축기(200)의 후단으로부터 압축기(200)의 전단으로 압축기 순환 라인(210)이 연결될 수 있으며, 압축기 순환 라인(210) 상에 압축기 순환 밸브(212)가 구비될 수 있다. 압축기 순환 밸브(212)에 의해 압축기(200)를 통과한 작동 유체가 제1 열교환기(300) 쪽으로 가지 않고 압축기(200)의 전단 쪽으로 바이패스 될 수 있다. 압축기 순환 밸브(212)는 시스템의 초기 기동 시(압축기의 초기 기동 시) 개방되며, 작동 유체가 터빈을 구동할 수 있을 정도로 워밍업(warm up)되기 전까지 작동 유체를 순환시키는 역할을 한다. 또한, 비상 시 안전 밸브 역할도 한다.

[53] 압축기(200)에서 압축된 후 제1 플로우를 따라 제1 열교환기(300)를 거치며 복열된 작동 유체는 제3 열교환기(500)를 거쳐 가열된 후 고온 터빈(600)으로 보내진다.

[54] 제3 열교환기(500)에서 고온 터빈(600) 측으로 연결된 작동 유체 이송관(610)에는 고압측 조절 밸브(612)가 구비되어 고온 터빈(600)으로 공급되는 작동 유체의 유량을 조절할 수 있다.

[55] 고온 터빈(600)으로 유입되는 작동 유체의 압력이 지나치게 높아지는 경우, 작동 유체를 사이클의 외부로 배기할 수 있도록 안전 밸브 역할을 하는 배기 밸브(510)가 구비될 수 있다.

[56] 또한, 고압측 조절 밸브(612)의 전단에서 고온 터빈(600)의 후단으로 연결되는 고온 터빈측 우회 라인(620)이 구비될 수 있으며, 고온 터빈측 우회 라인(620) 상에는 우회 밸브(622)가 설치된다. 고압측 조절 밸브(612)와 우회 밸브(622)의 개폐 상태에 따라 작동 유체는 고온 터빈(600)으로 공급될 수도 있고, 고온

터빈(600)을 우회하여 바로 제2 열교환기(400)로 보내질 수도 있다.

[57] 이렇게 고온 터빈(600)을 통과한 작동 유체는 제2 열교환기(400)로 유입되며, 제2 플로우를 따라 제2 열교환기(400)로 유입된 작동 유체를 복열하는데 사용된다. 그 후 제2 열교환기(400)에서 열을 빼앗긴 작동 유체는 제1 헤더(50)를 거쳐 다시 쿨러(100)로 유입된다.

[58]

[59] 한편, 압축기(200)에서 압축된 후 제 2 플로우를 따라 제2 열교환기(400)를 거치며 복열된 작동 유체는 저온 터빈(700)으로 보내진다. 제2 열교환기(400)에서 저온 터빈(700) 측으로 연결된 작동 유체 이송관(710)에는 저압측 조절 밸브(712)가 구비되어 저온 터빈(700)으로 공급되는 작동 유체의 유량을 조절할 수 있다.

[60] 저온 터빈(700)으로 유입되는 작동 유체의 압력이 지나치게 높아지는 경우, 작동 유체를 사이클의 외부로 배기할 수 있도록 안전 밸브 역할을 하는 배기 밸브(410)가 구비될 수 있다.

[61] 또한, 저압측 조절 밸브(712)의 전단에서 저온 터빈(700)의 후단으로 연결되는 저온 터빈측 우회 라인(720)이 구비될 수 있으며, 저온 터빈측 우회 라인(720) 상에는 우회 밸브(722)가 설치된다. 저압측 조절 밸브(712)와 우회 밸브(722)의 개폐 상태에 따라 작동 유체는 저온 터빈(700)으로 공급될 수도 있고, 저온 터빈(700)을 우회하여 바로 제1 열교환기(300)로 보내질 수도 있다.

[62] 저온 터빈(700)을 통과한 작동 유체는 제1 열교환기(300)로 유입되며, 제1 플로우를 따라 제1 열교환기(300)로 유입된 작동 유체를 복열하는데 사용된다. 그 후 제1 열교환기(300)에서 열을 빼앗긴 작동 유체는 제1 헤더(50)를 거쳐 다시 쿨러(100)로 유입된다.

[63]

[64] 제1 실시 예에서 고온 터빈(600)과 저온 터빈(700)은 모두 발전기(650)에 연결되어 있으며, 회전하면서 발전기(650)를 구동시켜 전력을 생산한다. 다만, 저온 터빈(700)에 작동유체가 유입되지 않는 경우에, 저온 터빈(700)은 발전기의 구동에는 전혀 기여하지 않고 오히려 고온 터빈(600)의 회전저항으로만 작용할 수 있다.

[65] 따라서, 제1 실시예의 제1 변형 예에서, 고온 터빈(600)과 저온 터빈(700) 중 어느 하나의 터빈은 중공축 상에 형성되고, 다른 하나의 터빈은 이 중공축에 삽입되어 있는 축(이하, 삽입축이라 함) 상에 형성되며, 중공축과 삽입축은 발전기(650)에 각각 연결될 수 있다. 이 경우, 어느 하나의 터빈만 작동하더라도 발전기(650)를 구동할 수 있으며, 가동하지 않는 다른 하나의 터빈은 발전기를 구동하는 데에 회전저항으로 작용하지 않는 장점이 있다.

[66] 또한, 제1 실시 예의 제2 변형 예에서, 발전기(650)의 축에, 고온 터빈(600)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 별개로 단속되는 구조가 채용될 수도 있다. 예컨대, 위 세 가지 축의 외측면의 적어도 일부 구간에 기어가 형성되어 있고,

발전기(650)의 축에 형성된 기어의 일측에 고온 터빈(600)의 축에 형성된 기어가 치합되어 있으며, 발전기(650)의 축에 형성된 기어의 타측에 저온 터빈(700)의 축에 형성된 기어가 치합되어 있는 경우를 상정할 수 있다.

- [67] 또한, 제1 실시 예의 제2 변형 예에서 세 개의 축을 단속적으로 결합하는 구조로는 기어 구조뿐만 아니라, 벨트 구조나, 체인 구조 등을 비롯한 다양한 동력 연결 구조가 사용될 수 있다. 즉, 각각의 축을 단속하는 과정이 원활하게 이루어질 수 있도록 다양한 구조의 클러치가 사용될 수 있다.
- [68] 제2 변형 예는 제1 변형 예와 마찬가지로 어느 하나의 터빈만 작동하더라도 발전기(650)를 구동할 수 있으며, 가동하지 않는 다른 하나의 터빈은 발전기를 구동하는 데에 회전저항으로 작용하지 않는 장점이 있다.
- [69] 또한, 제1 실시 예의 제1 변형 예와 제2 변형 예에서 고온 터빈(600)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 모두 발전기(650)의 축에 연결되어 구동력을 전달하고 있는 경우를 상정하였을 때, 발전기(650)의 축은 구동력을 두 개의 다른 축으로부터 나눠서 입력받고 있는 것이다. 따라서, 제1 변형 예와 제2 변형 예의 구조를 채용하면, 하나의 축으로부터 큰 구동력을 전달받는 경우에 비하여 발전기(650)의 축에 누적되는 비틀림 피로 응력 및 이로 인한 파단 가능성이 현저하게 낮아지는 효과를 기대할 수 있다.
- [70] 또한, 고온 터빈(600)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 발전기(650)의 축에 전달해야 하는 구동 토크를 나눠서 부담하고 있는 것이다. 따라서 단 하나의 터빈의 축이 발전기(650)의 축에 큰 구동력을 전달해야 하는 경우에 비하여 고온 터빈(600)의 축과 저온 터빈(700)의 축에 누적되는 비틀림 피로 응력 및 이로 인한 파단 가능성이 현저하게 낮아지는 효과를 기대할 수 있다.
- [71] 특히, 사이클을 신속하게 가동하여야 하거나, 사이클의 정지 및 가동재개가 반복되는 경우를 비롯하여 RPM 및 출력이 빠르게 변화하는 경우에는, 특히 이러한 효과가 더욱 두드러진다.
- [72]
- [73] 이상에서는 팽창 장치인 2개의 터빈을 병렬 구비한 캐스케이드 사이클을 적용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 대해 설명하였다. 이하에서는 3개의 팽창 장치를 구비한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 대해 설명하기로 한다(제1 실시 예와 동일한 구성에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 하며, 중복되는 설명은 생략하기로 한다).
- [74] 도 2는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 블록도이다.
- [75] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 압축기(200) 후단의 제2 헤더(250)로부터 작동 유체가 제1 내지 제3 플로우로 구분되어 분배된다. 터빈은 고온 터빈(600), 중온 터빈(800), 저온 터빈(700)으로 3개가 구비될 수 있으며, 추가적으로 제4 열교환기(900)가 구비될 수 있다.

- [76] 제1 유량 조절 밸브(252)의 개방 시 제1 플로우는 제1 열교환기(300)로 보내진다. 작동 유체는 제1 열교환기(300)에서 복열되고 제3 열교환기(500)에서 가열된 후 고온 터빈(600)으로 보내진다. 고온 터빈(600)에서 팽창된 작동 유체는 제2 열교환기(400)로 보내지고, 고온 터빈(600)을 통과한 작동 유체의 열은 제2 열교환기(400)에서 제2 플로우는 작동 유체를 복열하는데 사용된다. 그 후 고온 터빈(600) 및 제2 열교환기(400)를 거친 작동 유체는 제1 헤더(50)를 통해 쿨러(100)로 다시 순환된다.
- [77] 제2 유량 조절 밸브(254)의 개방 시 제2 플로우는 제2 열교환기(400)로 보내진다. 작동 유체는 제2 열교환기(400)에서 복열된 뒤 중온 터빈(800)으로 보내진다. 중온 터빈(800)에서 팽창된 작동 유체는 제4 열교환기(900)로 보내지고, 중온 터빈(800)을 통과한 작동 유체의 열은 제4 열교환기(900)에서 제3 플로우는 작동 유체를 복열하는데 사용된다. 그 후 중온 터빈(800) 및 제4 열교환기(900)를 거친 작동 유체는 제1 헤더(50)를 통해 쿨러(100)로 다시 순환된다.
- [78] 제4 열교환기(900)에 연결되는 이송관 상에 설치된 제3 유량 조절 밸브(256)의 개방 시 제3 플로우는 제4 열교환기(900)로 보내진다. 제3 플로우를 따라 순환하는 작동 유체는 제4 열교환기(900)를 거쳐 복열된 뒤 저온 터빈(700)으로 보내진다. 저온 터빈(700)에서 팽창된 작동 유체는 제1 열교환기(300)로 보내지고, 저온 터빈(700)을 통과한 작동 유체의 열은 제1 열교환기(300)에서 제1 플로우는 작동 유체를 복열하는데 사용된다. 그 후 저온 터빈(700) 및 제1 열교환기(300)를 거친 작동 유체는 제1 헤더(50)를 통해 다시 쿨러(100)로 순환된다.
- [79] 여기서 제1 열교환기(300)는 작동 유체를 복열하는 저온의 리큐퍼레이터(recuperator)이며, 제2 열교환기(400)는 작동 유체를 복열하는 고온의 리큐퍼레이터이다. 제4 열교환기(900)는 작동 유체를 복열하는 중온의 리큐퍼레이터이다. 여기서 저온, 중온 및 고온의 의미는 제1 열교환기(300)나 제4 열교환기(900)가 제2 열교환기(400)에 비해 상대적으로 저온 또는 중온이고 제2 열교환기(400)가 제1 열교환기(300) 및 제4 열교환기(900)에 비해 상대적으로 고온임을 의미한다.
- [80]
- [81] 한편, 제2 열교환기(400)에서 중온 터빈(800) 측으로 연결된 작동 유체 이송관(810)에는 중압측 조절 밸브(812)가 구비되어 중온 터빈(800)으로 공급되는 작동 유체의 유량을 조절할 수 있다. 중온 터빈(800)으로 유입되는 작동 유체의 압력이 지나치게 높아지는 경우, 작동 유체를 사이클의 외부로 배기할 수 있도록 안전 밸브 역할을 하는 배기 밸브(미도시)가 구비될 수 있다. 그러나 본 실시 예에서는 편의상 배기 밸브가 구비되지 않은 것을 예로 하였다.
- [82] 또한, 중압측 조절 밸브(812)의 전단에서 중온 터빈(800)의 후단으로 연결되는 중온 터빈측 우회 라인(820)이 구비될 수 있으며, 중온 터빈측 우회 라인(820)

상에는 우회 밸브(822)가 설치된다. 중압축 조절 밸브(812)와 우회 밸브(822)의 개폐 상태에 따라 작동 유체는 중온 터빈(800)으로 공급될 수도 있고, 중온 터빈(800)을 우회하여 바로 제4 열교환기(900)로 보내질 수도 있다.

[83]

[84] 제2 실시 예에서 고온 터빈(600)과 중온 터빈(800)과 저온 터빈(700)은 모두 발전기(650)에 연결되어 있으며 회전하면서 발전기(650)를 구동시켜 전력을 생산한다. 다만, 중온 터빈(800)과 저온 터빈(700)에 작동유체가 유입되지 않는 경우에, 중온 터빈(800)과 저온 터빈(700)은 발전기의 구동에는 전혀 기여하지 않고 오히려 고온 터빈(600)의 회전저항으로만 작용할 수 있다.

[85]

따라서, 제2 실시예의 제1 변형 예에서, 고온 터빈(600)과 중온 터빈(800)과 저온 터빈(700) 중 어느 하나의 터빈은 중공축(이하, 제1 중공축이라 함) 상에 형성된다. 나머지 둘 중 하나의 터빈은 제1 중공축에 삽입되어 있는 중공축(이하, 제2 중공축이라 함) 상에 형성된다. 남은 하나의 터빈은 제2 중공축에 삽입되어 있는 축(이하, 제3 축이라 함) 상에 형성된다. 제1 중공축과 제2 중공축과 제3 축은 발전기(650)에 각각 연결될 수 있다. 이 경우, 어느 하나의 터빈만 작동하더라도 발전기(650)를 구동할 수 있으며, 가동하지 않는 하나 또는 두 개의 터빈은 발전기를 구동하는 데에 회전저항으로 작용하지 않는 장점이 있다.

[86]

또한, 제2 실시예의 제2 변형 예에서, 발전기(650)의 축에 고온 터빈(600)의 축과 중온 터빈(800)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 별개로 단속되는 구조가 채용될 수도 있다. 예컨대, 위 네 가지 축의 외측면의 적어도 일부 구간에 기어가 형성될 수 있다. 그리고 발전기(650)의 축에 형성된 기어의 제1 축에 고온 터빈(600)의 축에 형성된 기어가 치합될 수 있다. 그리고 발전기(650)의 축에 형성된 기어의 제2 축에 중온 터빈(800)의 축에 형성된 기어가 치합되어 있고, 발전기(650)의 축에 형성된 기어의 제3 축에 저온 터빈(700)의 축에 형성된 기어가 치합되어 있는 경우를 상정할 수 있다. 또한, 제2 변형 예에서 네 개의 축을 단속적으로 결합하는 구조로는 기어 구조뿐만 아니라, 벨트 구조나, 체인 구조 등을 비롯한 다양한 동력 연결 구조가 사용될 수 있다. 또한, 각각의 축을 단속하는 과정이 원활하게 이루어질 수 있도록 다양한 구조의 클러치가 사용될 수 있다. 제2 변형 예는 제1 변형 예와 마찬가지로 어느 하나의 터빈만 작동하더라도 발전기(650)를 구동할 수 있으며, 가동하지 않는 하나 또는 두 개의 터빈은 발전기를 구동하는 데에 회전저항으로 작용하지 않는 장점이 있다.

[87]

또한, 제2 실시예의 제1 변형 예와 제2 변형 예에서 고온 터빈(600)의 축과 중온 터빈(800)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 모두 발전기(650)의 축에 연결되어 구동력을 전달하고 있는 경우를 상정하였을 때, 발전기(650)의 축은 구동력을 세 개의 다른 축으로부터 나눠서 입력받고 있는 것이다. 따라서 제1 변형 예와 제2 변형 예의 구조를 채용하면, 하나의 축으로부터 큰 구동력을 전달받는 경우에 비하여 발전기(650)의 축에 누적되는 비틀림 피로 응력 및 이로 인한 파단 가능성이 현저하게 낮아지는 효과를 기대할 수 있다. 또한, 고온 터빈(600)의

축과 중온 터빈(800)의 축과 저온 터빈(700)의 축이 발전기(650)의 축에 전달해야 하는 구동 토크를 나눠서 부담하고 있는 것이다. 따라서 단 하나의 터빈의 축이 발전기(650)의 축에 큰 구동력을 전달해야 하는 경우에 비하여 고온 터빈(600)의 축과 중온 터빈(800)의 축과 저온 터빈(700)의 축에 누적되는 비틀림 피로 응력 및 이로 인한 파단 가능성이 현저하게 낮아지는 효과를 기대할 수 있다.

[88] 특히, 사이클을 신속하게 가동하여야 하거나, 사이클의 정지 및 가동재개가 반복되는 경우를 비롯하여 RPM 및 출력이 빠르게 변화하는 경우에는, 특히 이러한 효과가 더욱 두드러진다.

[89]

[90] 한편, 본 발명의 다양한 실시 예에서 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템에서 하나 또는 그 이상의 터빈의 회전 속도가 변화하는 경우에도 발전기에서 균일한 주파수의 전기를 생산할 수 있도록, 하나 또는 그 이상의 터빈의 회전축과 발전기(650)의 회전축 사이에 변속기를 설치할 수 있다.

[91] 또한, 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면 터빈의 출구측 작동 유체를 순차적으로 복열시킬 수 있어 시스템 전체의 효율이 향상되는 효과가 있다.

#### 산업상 이용가능성

[92] 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 발전기를 구동하는 터빈을 병렬적으로 사용함으로써 터빈의 운전 RPM을 줄여 토크를 분산시킬 수 있다. 또한, 터빈의 출구측 작동 유체를 순차적으로 복열시킬 수 있어 시스템 전체의 효율이 향상된다.

## 청구범위

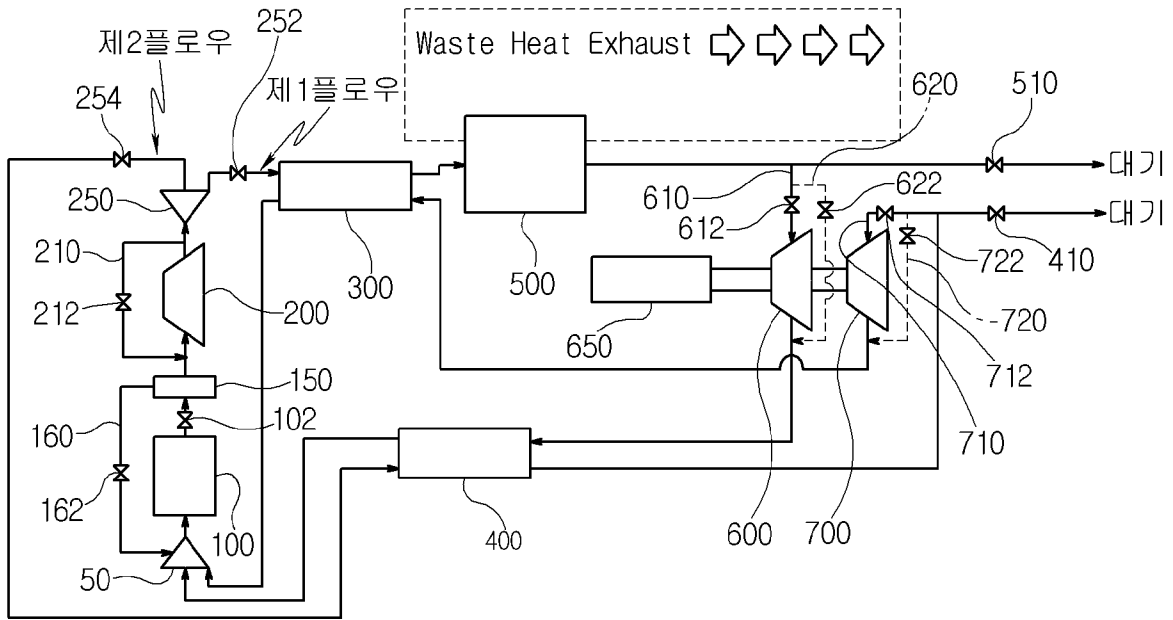
- [청구항 1] 작동 유체를 압축하는 압축기와,  
 상기 압축기를 통과한 상기 작동 유체와 열교환하는 제1 열교환기와,  
 상기 제1 열교환기를 통과한 상기 작동 유체를 팽창시키며 발전기에  
 연결되어 전력을 생산하는 고온 터빈과,  
 상기 압축기를 통과한 상기 작동 유체와 열교환하는 제2 열교환기와,  
 상기 제2 열교환기를 통과한 상기 작동 유체를 팽창시키며 상기 발전기에  
 연결되어 전력을 생산하는 저온 터빈과,  
 상기 제1 열교환기와 상기 고온 터빈의 사이에 구비되어 상기 제1  
 열교환기에서 복열된 상기 작동 유체와 열교환하는 제3 열교환기와,  
 상기 고온 터빈 및 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시켜 상기  
 압축기로 공급하는 쿨러를 포함하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
 상기 작동 유체의 플로우(flow)는 상기 압축기의 후단에서 제1 플로우와  
 제2 플로우로 나뉘며, 상기 제1 플로우는 상기 압축기에서 상기 제1  
 열교환기로 유입되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전  
 시스템.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,  
 상기 제2 열교환기는 상기 작동 유체의 상기 제2 플로우가 유입되어  
 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,  
 상기 저온 터빈은 상기 제2 열교환기로부터 상기 작동 유체가 공급되면  
 상기 발전기로 구동력을 전달하고, 상기 제2 열교환기로부터 상기 작동  
 유체가 공급되지 않으면 상기 발전기로 구동력을 전달하지 않는 것을  
 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,  
 상기 고온 터빈과 상기 저온 터빈 중 어느 하나의 터빈은 중공축 상에  
 형성되고 다른 하나의 터빈은 상기 중공축에 삽입되어 있는 축 상에  
 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 6] 제4항에 있어서,  
 상기 고온 터빈의 축은 상기 발전기의 축의 일측에 연결되어 상기  
 발전기에 구동력을 전달하고, 상기 저온 터빈의 축은 상기 발전기의 축의  
 타측에 연결되어 상기 발전기에 구동력을 전달하는 것을 특징으로 하는  
 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,  
 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기는 상기 작동 유체를 복열하는  
 리큐퍼레이터(recuperator)인 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전

- 시스템.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,  
상기 제3 열교환기는 외부 열원으로부터 회수한 폐열을 상기 작동 유체에 전달하는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,  
상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제2 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 10] 제8항에 있어서,  
상기 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제1 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 11] 제3항에 있어서,  
상기 작동 유체의 플로우는 상기 압축기의 후단에서 나뉘는 제3 플로우를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,  
상기 작동 유체의 상기 제3 플로우가 유입되어 복열되는 제4 열교환기와, 상기 발전기에 연결되어 전력을 생산하는 증온 터빈을 더 포함하며, 상기 제4 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 증온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,  
상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제2 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제2 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 14] 제12항에 있어서,  
상기 저온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제1 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제1 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 15] 제12항에 있어서,  
상기 증온 터빈을 통과한 상기 작동 유체는 상기 제3 열교환기를 거쳐 상기 쿨러로 보내지며, 상기 제3 플로우의 상기 작동 유체는 상기 제4 열교환기를 지나는 상기 작동 유체로부터 열을 전달받아 복열되는 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.
- [청구항 16] 제12항에 있어서,

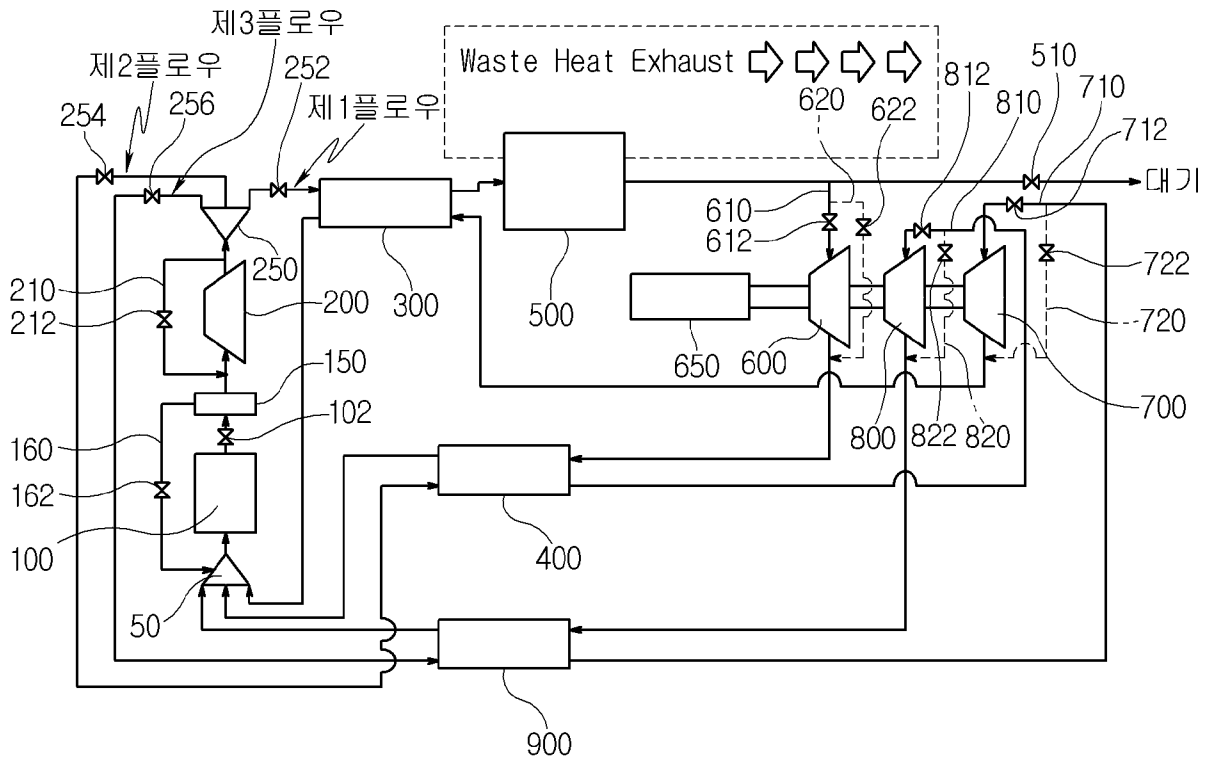
상기 제4 열교환기는 상기 작동 유체를 복열하는 리큐퍼레이터(recuperator)인 것을 특징으로 하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

- [청구항 17] 제16항에 있어서,  
상기 압축기의 후단에 구비되어 상기 작동 유체의 플로우(flow)를 상기 제1 플로우 내지 제3 플로우로 분배하는 분배기를 더 포함하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

[도1]



[도2]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2016/000613**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**F01K 25/10(2006.01)i, F01K 7/32(2006.01)i, F01K 7/22(2006.01)i, F01K 13/00(2006.01)i, F22B 1/18(2006.01)i, F01D 15/10(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01K 25/10; F01D 19/00; C01B 31/20; F01K 23/10; B01D 53/62; F01K 25/02; F01K 7/32; F01D 17/00; F02C 3/30; F01K 7/22; F01K 13/00; F22B 1/18; F01D 15/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above  
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) &amp; Keywords: high-pressure turbine, pressurizer, offload, pump, cooling, circulation, recuperator and heat-exchange

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2014-0064704 A (ECHOGEN POWER SYSTEMS, LLC.) 28 May 2014 See paragraphs [0008]-[0009], [0018]-[0029], [0047] and claim 1.	1-8
A		9-17
Y	JP 2010-261389 A (TOSHIBA CORP. et al.) 18 November 2010 See paragraphs [0019]-[0020], [0026] and claim 1.	1-8
A	JP 2015-025423 A (TOSHIBA CORP.) 05 February 2015 See paragraphs [0014], [0016], [0022] and figures 1-2.	1-17
A	JP 2005-299644 A (HITACHI LTD.) 27 October 2005 See paragraph [0022] and figure 1.	1-17
A	JP 2012-031029 A (TOSHIBA CORP.) 16 February 2012 See paragraph [0014]; claim 5 and figure 1.	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 MAY 2016 (10.05.2016)

Date of mailing of the international search report

**12 MAY 2016 (12.05.2016)**

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2016/000613**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2014-0064704 A	28/05/2014	CA 2794150 A1	29/09/2011
		CA 2818816 A1	07/06/2012
		CA 2820606 A1	07/06/2012
		CN 103477035 A	25/12/2013
		EP 2550436 A2	30/01/2013
		EP 2646657 A2	09/10/2013
		EP 2646658 A2	09/10/2013
		JP 2014-502329 A	30/01/2014
		KR 10-2014-0048075 A	23/04/2014
		US 2012-0131919 A1	31/05/2012
		US 2012-0131920 A1	31/05/2012
		US 2012-0131921 A1	31/05/2012
		US 2013-0113221 A1	09/05/2013
		US 2014-0096521 A1	10/04/2014
		US 8616001 B2	31/12/2013
		US 8783034 B2	22/07/2014
		US 8857186 B2	14/10/2014
		US 9284855 B2	15/03/2016
		WO 2011-119650 A2	29/09/2011
		WO 2011-119650 A3	12/01/2012
		WO 2012-074905 A2	07/06/2012
		WO 2012-074905 A3	04/10/2012
		WO 2012-074907 A2	07/06/2012
		WO 2012-074907 A3	07/09/2012
		WO 2012-074911 A2	07/06/2012
		WO 2012-074911 A3	16/08/2012
		WO 2012-074940 A2	07/06/2012
		WO 2012-074940 A3	22/11/2012
		WO 2013-070249 A1	16/05/2013
		JP 2010-261389 A	18/11/2010
EP 2423462 A3	01/01/2014		
JP 5221443 B2	26/06/2013		
US 2010-0281877 A1	11/11/2010		
US 8739509 B2	03/06/2014		
JP 2015-025423 A	05/02/2015	NONE	
JP 2005-299644 A	27/10/2005	JP 4636906 B2	23/02/2011
JP 2012-031029 A	16/02/2012	JP 5584040 B2	03/09/2014

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**  
**F01K 25/10(2006.01)i, F01K 7/32(2006.01)i, F01K 7/22(2006.01)i, F01K 13/00(2006.01)i, F22B 1/18(2006.01)i, F01D 15/10(2006.01)i**

**B. 조사된 분야**  
 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)  
 F01K 25/10; F01D 19/00; C01B 31/20; F01K 23/10; B01D 53/62; F01K 25/02; F01K 7/32; F01D 17/00; F02C 3/30;  
 F01K 7/22; F01K 13/00; F22B 1/18; F01D 15/10

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌  
 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC  
 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))  
 eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 고압 터빈, 가압기, 우회, 펌프, 냉각, 순환, 리큐퍼레이터 및 열교환



**C. 관련 문헌**

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2014-0064704 A (에코진 파워 시스템스, 엘엘씨) 2014.05.28 단락 [0008]-[0009], [0018]-[0029], [0047] 및 청구항 1 참조.	1-8
A		9-17
Y	JP 2010-261389 A (TOSHIBA CORP. 등) 2010.11.18 단락 [0019]-[0020], [0026] 및 청구항 1 참조.	1-8
A	JP 2015-025423 A (TOSHIBA CORP.) 2015.02.05 단락 [0014], [0016], [0022] 및 도면 1-2 참조.	1-17
A	JP 2005-299644 A (HITACHI LTD.) 2005.10.27 단락 [0022] 및 도면 1 참조.	1-17
A	JP 2012-031029 A (TOSHIBA CORP.) 2012.02.16 단락 [0014]; 청구항 5 및 도면 1 참조.	1-17

추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.       대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:  
 “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌  
 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌  
 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌  
 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌  
 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌  
 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌  
 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.  
 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.  
 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일 2016년 05월 10일 (10.05.2016)	국제조사보고서 발송일 2016년 05월 12일 (12.05.2016)
--	---

ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 이달경 전화번호 +82-42-481-8440 
---	---

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2014-0064704 A	2014/05/28	CA 2794150 A1	2011/09/29
		CA 2818816 A1	2012/06/07
		CA 2820606 A1	2012/06/07
		CN 103477035 A	2013/12/25
		EP 2550436 A2	2013/01/30
		EP 2646657 A2	2013/10/09
		EP 2646658 A2	2013/10/09
		JP 2014-502329 A	2014/01/30
		KR 10-2014-0048075 A	2014/04/23
		US 2012-0131919 A1	2012/05/31
		US 2012-0131920 A1	2012/05/31
		US 2012-0131921 A1	2012/05/31
		US 2013-0113221 A1	2013/05/09
		US 2014-0096521 A1	2014/04/10
		US 8616001 B2	2013/12/31
		US 8783034 B2	2014/07/22
		US 8857186 B2	2014/10/14
		US 9284855 B2	2016/03/15
		WO 2011-119650 A2	2011/09/29
		WO 2011-119650 A3	2012/01/12
		WO 2012-074905 A2	2012/06/07
		WO 2012-074905 A3	2012/10/04
		WO 2012-074907 A2	2012/06/07
		WO 2012-074907 A3	2012/09/07
		WO 2012-074911 A2	2012/06/07
		WO 2012-074911 A3	2012/08/16
		WO 2012-074940 A2	2012/06/07
		WO 2012-074940 A3	2012/11/22
		WO 2013-070249 A1	2013/05/16
		JP 2010-261389 A	2010/11/18
EP 2423462 A3	2014/01/01		
JP 5221443 B2	2013/06/26		
US 2010-0281877 A1	2010/11/11		
US 8739509 B2	2014/06/03		
JP 2015-025423 A	2015/02/05	없음	
JP 2005-299644 A	2005/10/27	JP 4636906 B2	2011/02/23
JP 2012-031029 A	2012/02/16	JP 5584040 B2	2014/09/03