(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0094585
(43) 공개일자 2017년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 25/10 (2006.01) *F01D 15/10* (2006.01)
F01K 13/00 (2006.01) *F01K 23/10* (2006.01)
F01K 7/16 (2006.01) *F01K 7/32* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01K 25/103 (2013.01)
F01D 15/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0015482
(22) 출원일자 2016년02월11일
심사청구일자 2016년02월11일

(71) 출원인
두산중공업 주식회사
경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)
(72) 발명자
김학수
경기도 용인시 처인구 지삼로590번길 24, 103동 202호 (삼가동, 용인 행정타운 두산위브1단지아파트)
차송훈
경기도 오산시 오산로132번길 10, 204동 1104호 (원동, 대림이편한세상2단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 18 항

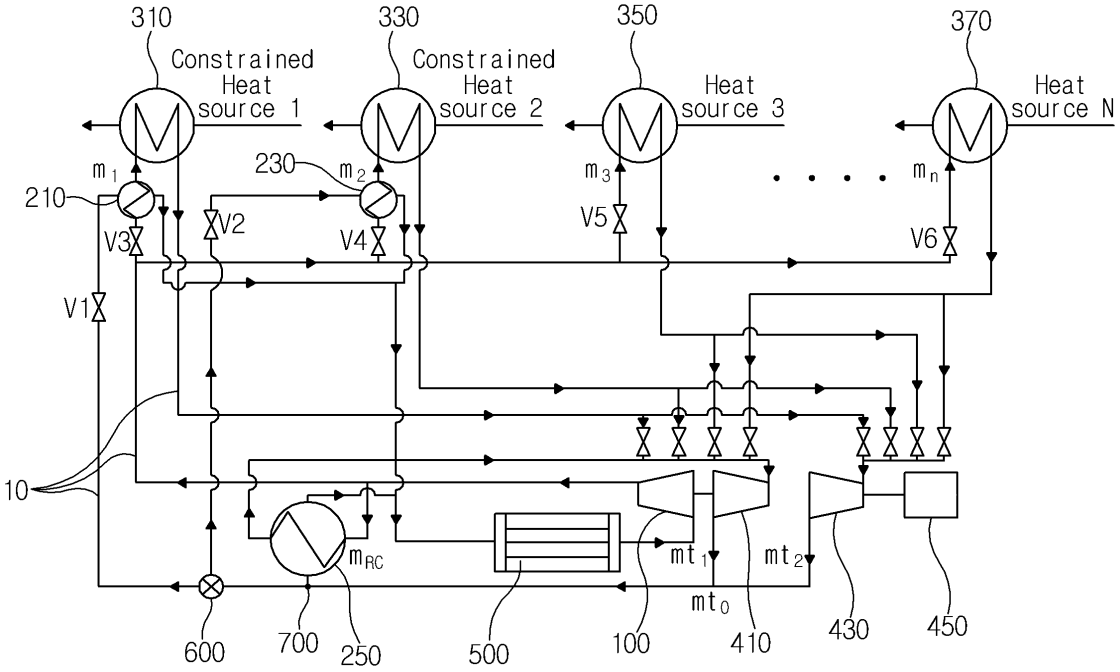
(54) 발명의 명칭 **복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것으로, 작동 유체를 순환시키는 펌프와, 외부의 열원을 통해 상기 작동 유체를 가열하며, 상기 열교환기는 배출단의 배출 규제 조건을 갖는 복수의 제한 열원과, 상기 배출 규제 조건이 없는 복수의 일반 열원을 구비한 복수의 열교환기와, 상기 열교환기를

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



통과해 가열된 상기 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈과, 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하여 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 복수의 리큐퍼레이터를 포함하며, 상기 터빈을 통과한 작동 유체는 상기 리큐퍼레이터 각각으로 분기되는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 열원의 입출구 온도, 용량, 개수 등의 조건에 따라 각 열교환기를 효과적으로 배치함으로써 열원의 개수 대비 동일하거나 적은 수의 리큐퍼레이터를 이용할 수 있어 시스템 구성이 간소화되고 효과적인 운영이 가능한 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
F01K 13/006 (2013.01)
F01K 23/10 (2013.01)
F01K 7/16 (2013.01)
F01K 7/32 (2013.01)

(72) 발명자
김상현
경기도 용인시 수지구 광교마을로 62, 4202동 1503호 (상현동, 광교상록자이아파트)
장준태
서울특별시 강동구 고덕로 84-7, 304호 (암사동, 화미하우스)

명 세 서

청구범위

청구항 1

작동 유체를 순환시키는 펌프와,

외부의 열원을 통해 상기 작동 유체를 가열하며, 상기 열교환기는 배출단의 배출 규제 조건을 갖는 복수의 제한 열원과, 상기 배출 규제 조건이 없는 복수의 일반 열원을 구비한 복수의 열교환기와,

상기 열교환기를 통과해 가열된 상기 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈과,

상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하여 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 복수의 리큐퍼레이터를 포함하며,

상기 터빈을 통과한 작동 유체는 상기 리큐퍼레이터 각각으로 분기되는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배출 규제 조건은 온도 조건인 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 리큐퍼레이터 중 일부는 상기 열교환기의 개수와 동일하거나 상기 열교환기의 개수보다 적은 개수로 구비되어 상기 열교환기로 상기 작동 유체를 보내며, 적어도 하나는 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 터빈은 상기 펌프를 구동시키는 저온 터빈과, 발전기를 구동시키는 고온 터빈을 포함하며, 상기 저온 터빈 및 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 분기하여 상기 복수의 리큐퍼레이터로 공급하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 리큐퍼레이터는 제1 내지 제3 리큐퍼레이터를 포함하고, 상기 저온 터빈 및 고온 터빈의 후단으로부터 상기 제3 리큐퍼레이터로 분기되는 분기점과, 상기 제3 리큐퍼레이터로 분기되는 상기 분기점 후단에 구비되어 상기 제1 리큐퍼레이터 및 제2 리큐퍼레이터로 각각 분기되는 분기점에 각각 설치되는 3방향 밸브를 더 포함하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 어느 하나가 다른 하나보다 높은 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 상기 배출 규제 조건이 높은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)이 상기 배출 규제 조건이 낮은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0) 보다 적은 것을 특징으로 하는

복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기가 동일한 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기로 동일하게 분배하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 열교환기와 제2 열교환기를 더 포함하고, 상기 펌프의 전단에는 상기 리큐퍼레이터를 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 쿨러를 더 포함하며, 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체의 일부는 상기 제2 리큐퍼레이터의 전단에서 분기되어 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기로 각각 공급된 뒤 가열되어 상기 저온 터빈 및 고온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 제한 열교환기 및 제2 제한 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 터빈으로 유입되는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 10

작동 유체를 순환시키는 펌프와,

외부의 열원을 통해 상기 작동 유체를 가열하며, 상기 열교환기는 배출단의 배출 규제 조건을 갖는 복수의 제한 열원과, 상기 배출 규제 조건이 없는 복수의 일반 열원을 구비한 복수의 열교환기와,

상기 열교환기를 통과해 가열된 상기 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈과,

복수 개로 구비되어 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체가 각각 유입되며, 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하여 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 리큐퍼레이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 배출 규제 조건은 온도 조건인 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 리큐퍼레이터 중 일부는 상기 열교환기의 개수와 동일하거나 상기 열교환기의 개수보다 적은 개수로 구비되어 상기 열교환기로 상기 작동 유체를 보내며, 적어도 하나는 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 터빈은 상기 펌프를 구동시키는 저온 터빈과, 발전기를 구동시키는 고온 터빈을 포함하고, 상기 저온 터빈과 상기 고온 터빈을 각각 통과한 상기 작동 유체를 상기 복수의 리큐퍼레이터로 각각 공급하는 별도의 이송관을 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 리큐퍼레이터는 제1 내지 제3 리큐퍼레이터를 포함하고, 상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체(mt2)를 상기 제3 리큐퍼레이터로 보내는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 어느 하나가 다른 하나보다 높은 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 상기 배출 규제 조건이 높은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)이 상기 배출 규제 조건이 낮은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0) 보다 적은 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기가 동일한 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기로 동일하게 분배하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서,

상기 열교환기는 제1 열교환기와 제2 열교환기를 더 포함하고, 상기 펌프의 전단에는 상기 리큐퍼레이터를 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 쿨러를 더 포함하며, 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체의 일부는 상기 제2 리큐퍼레이터의 전단에서 분기되어 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기로 각각 공급된 뒤 가열되어 상기 저온 터빈 및 고온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제1 제한 열교환기 및 제2 제한 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 터빈으로 유입되는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 열원의 조건에 따라 열교환기를 효율적으로 배치해 운영할 수 있는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 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 있다. 그러한 노력의 하나로 일본특허공개 제2012-145092호에 개시된 바와 같이 초임계 이산화탄소를 작동 유체로 사용하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템(Power generation system using Supercritical CO2)에 대한 연구 개발이 활성화되고 있다.

[0003] 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, 72.8기

압으로, 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 로 축소가 가능한 장점이 있다.

[0004] 열원에 제약 조건이 있는 복수의 열원을 적용할 경우 시스템 구성이 복잡해지고 효과적인 열 이용이 어렵기 때문에 일반적으로 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 열원인 히터가 1개인 경우가 대부분이다. 따라서 시스템 구성이 한정적이고 효과적인 열원의 이용이 어려운 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본특허공개 제2012-145092호 (공개일 2012. 08. 02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 열원의 조건에 따라 열교환기를 효율적으로 배치해 운영할 수 있는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템은, 작동 유체를 순환시키는 펌프와, 외부의 열원을 통해 상기 작동 유체를 가열하며, 상기 열교환기는 배출단의 배출 규제 조건을 갖는 복수의 제한 열원과, 상기 배출 규제 조건이 없는 복수의 일반 열원을 구비한 복수의 열교환기와, 상기 열교환기를 통과해 가열된 상기 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈과, 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하여 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 복수의 리큐퍼레이터를 포함하며, 상기 터빈을 통과한 작동 유체는 상기 리큐퍼레이터 각각으로 분기되는 것을 특징으로 한다.

[0008] 상기 배출 규제 조건은 온도 조건인 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 리큐퍼레이터 중 일부는 상기 열교환기의 개수와 동일하거나 상기 열교환기의 개수보다 적은 개수로 구비되어 상기 열교환기로 상기 작동 유체를 보내며, 적어도 하나는 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 터빈은 상기 펌프를 구동시키는 저온 터빈과, 발전기를 구동시키는 고온 터빈을 포함하며, 상기 저온 터빈 및 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 분기하여 상기 복수의 리큐퍼레이터로 공급하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 리큐퍼레이터는 제1 내지 제3 리큐퍼레이터를 포함하고, 상기 저온 터빈 및 고온 터빈의 후단으로부터 상기 제3 리큐퍼레이터로 분기되는 분기점과, 상기 제3 리큐퍼레이터로 분기되는 상기 분기점 후단에 구비되어 상기 제1 리큐퍼레이터 및 제2 리큐퍼레이터로 각각 분기되는 분기점에 각각 설치되는 3방향 밸브를 더 포함한다.

[0012] 상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 어느 하나가 다른 하나보다 높은 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 상기 배출 규제 조건이 높은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)이 상기 배출 규제 조건이 낮은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0) 보다 적은 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기가 동일한 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기로 동일하게 분배하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 열교환기는 제1 열교환기와 제2 열교환기를 더 포함하고, 상기 펌프의 전단에는 상기 리큐퍼레이터를 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 쿨러를 더 포함하며, 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체의 일부는 상기 제2 리큐퍼레이터의 전단에서 분기되어 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기로 각각 공급된 뒤 가열되어 상기 저온

터빈 및 고온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 제1 제한 열교환기 및 제2 제한 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 터빈으로 유입되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명은 작동 유체를 순환시키는 펌프와, 외부의 열원을 통해 상기 작동 유체를 가열하며, 상기 열교환기는 배출단의 배출 규제 조건을 갖는 복수의 제한 열원과, 상기 배출 규제 조건이 없는 복수의 일반 열원을 구비한 복수의 열교환기와, 상기 열교환기를 통과해 가열된 상기 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈과, 복수개로 구비되어 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체가 각각 유입되며, 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하여 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 리큐퍼레이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제공할 수 있다.

[0017] 상기 배출 규제 조건은 온도 조건인 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 리큐퍼레이터 중 일부는 상기 열교환기의 개수와 동일하거나 상기 열교환기의 개수보다 적은 개수로 구비되어 상기 열교환기로 상기 작동 유체를 보내며, 적어도 하나는 상기 터빈을 통과한 상기 작동 유체와 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체를 열교환하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 터빈은 상기 펌프를 구동시키는 저온 터빈과, 발전기를 구동시키는 고온 터빈을 포함하고, 상기 저온 터빈과 상기 고온 터빈을 각각 통과한 상기 작동 유체를 상기 복수의 리큐퍼레이터로 각각 공급하는 별도의 이송관을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 리큐퍼레이터는 제1 내지 제3 리큐퍼레이터를 포함하고, 상기 고온 터빈을 통과한 상기 작동 유체(mt2)를 상기 제3 리큐퍼레이터로 보내는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 어느 하나가 다른 하나보다 높은 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기 중 상기 배출 규제 조건이 높은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)이 상기 배출 규제 조건이 낮은 온도 쪽으로 보내지는 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0) 보다 적은 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 열교환기는 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기를 포함하고, 상기 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기가 동일한 온도의 상기 배출 규제 조건을 갖는 경우, 상기 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 제1 제한 열교환기와 제2 제한 열교환기로 동일하게 분배하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 열교환기는 제1 열교환기와 제2 열교환기를 더 포함하고, 상기 펌프의 전단에는 상기 리큐퍼레이터를 통과한 상기 작동 유체를 냉각시키는 쿨러를 더 포함하며, 상기 펌프를 통과한 상기 작동 유체의 일부는 상기 제2 리큐퍼레이터의 전단에서 분기되어 상기 제1 열교환기 및 제2 열교환기로 각각 공급된 뒤 가열되어 상기 저온 터빈 및 고온 터빈으로 보내지는 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 제1 제한 열교환기 및 제2 제한 열교환기를 통과한 상기 작동 유체는 상기 터빈으로 유입되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 열원의 입출구 온도, 용량, 개수 등의 조건에 따라 각 열교환기를 효과적으로 배치함으로써 열원의 개수 대비 동일하거나 적은 수의 리큐퍼레이터를 이용할 수 있어 시스템 구성이 간소화되고 효과적인 운영이 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 모식도,

도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수의 열원을 활용한 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0028] 일반적으로 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 발전에 사용된 이산화탄소를 외부로 배출하지 않는 폐사이클

(close cycle)을 이루며, 작동 유체로 초임계 상태의 이산화탄소를 이용한다.

[0029] 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.

[0030] 사이클 내의 이산화탄소는 압축기를 통과한 후, 히터 등과 같은 열원을 통과하면서 가열되어 고온고압의 초임계 상태가 되며, 초임계 이산화탄소 유체가 터빈을 구동시킨다. 터빈에는 발전기 또는 펌프가 연결되며, 발전기에 연결된 터빈에 의해 전력을 생산하고 펌프에 연결된 터빈을 이용해 펌프를 구동한다. 터빈을 통과한 이산화탄소는 열교환기를 거치면서 냉각되며, 냉각된 작동 유체는 다시 압축기로 공급되어 사이클 내를 순환한다. 터빈이나 열교환기는 복수 개가 구비될 수 있다.

[0031] 본 발명에서는 열원으로 폐열 기체를 이용하는 복수의 히터가 구비되고, 열원의 입출구 온도, 용량, 개수 등의 조건에 따라 각 열교환기를 효과적으로 배치함으로써 열원의 개수 대비 동일하거나 적은 수의 리큐퍼레이터를 운용하는 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 제안한다.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 모식도이다.

[0035] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 이산화탄소를 작동 유체로 사용하며, 작동 유체를 순환시키는 펌프(100)와, 펌프(100)를 통과한 작동 유체와 열교환하는 복수의 리큐퍼레이터 및 열원과, 리큐퍼레이터 및 열원을 통과하며 가열된 작동 유체에 의해 구동되는 복수의 터빈(410, 430)과, 터빈(410, 430)에 의해 구동되는 발전기(450), 그리고 펌프(100)로 유입되는 작동 유체를 냉각시키는 쿨러(500)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0036] 본 발명의 각 구성들은 작동 유체가 흐르는 이송관(10)에 의해 연결되며, 특별히 언급하지 않더라도 작동 유체는 이송관(10)을 따라 유동하는 것으로 이해되어야 한다. 다만, 복수 개의 구성들이 일체화 되어 있는 경우, 일체화된 구성 내에 사실상 이송관(10)의 역할을 하는 부품 내지 영역이 있을 것이므로, 이 경우에도 당연히 작동 유체는 이송관(10)을 따라 유동하는 것으로 이해되어야 한다. 별도의 기능을 하는 유로의 경우 추가로 설명하기로 한다.

[0037] 펌프(100)는 후술할 저온 터빈(410)에 의해 구동되며, 쿨러(500)를 거쳐 냉각된 저온의 작동 유체를 리큐퍼레이터로 보내는 역할을 한다.

[0038] 리큐퍼레이터(210, 230, 250)는 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230), 제3 리큐퍼레이터(250)로 구성될 수 있다. 본 실시 예는 열원 입구의 리큐퍼레이터에서 요구되는 열용량이 작은 경우에 대한 발전 시스템 구성으로, 펌프(100)를 통과한 작동 유체의 일부는 제1 리큐퍼레이터(210)를 거쳐 1차로 가열된 뒤 열원으로 보내지고, 나머지 작동 유체는 제2 리큐퍼레이터(230)를 거쳐 1차로 가열된 뒤 열원으로 보내지도록 구성될 수 있다. 또한, 펌프(100)를 통과한 작동 유체의 일부는 제3 리큐퍼레이터(250) 거쳐 1차로 가열된 뒤 바로 터빈(410, 430)으로 보내지도록 구성될 수 있다(리큐퍼레이터의 열용량에 대해서는 후술하기로 함).

[0039] 터빈(410, 430)을 통과해 팽창되면서 고온에서 중온으로 냉각된 작동 유체는 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230) 중 어느 하나로 유입될 수 있다. 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 유입된 냉각 유체는 펌프(100)를 통과한 작동 유체와 열교환하여 펌프(100)를 통과한 작동 유체를 1차로 가열시킨다. 펌프(100)를 통과한 작동 유체를 가열시키면서 냉각된 작동 유체는 쿨러(500)로 보내진다.

[0040] 이를 위해, 터빈(410, 430)을 통과한 냉각 유체가 유입되는 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)의 유입단에는 제어 밸브(v1, v2)가 구비될 수 있다. 냉각된 작동 유체는 쿨러(500)로 보내져 2차로 냉각된 후 펌프(100)로 보내진다.

[0041] 펌프(100)를 통해 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 보내진 작동 유체는 터빈(410, 430)을 통과한 작동 유체와 열교환하여 1차로 가열되고, 후술할 열원으로 공급된다. 이를 위해 펌프(100)에서 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 작동 유체가 유입되는 이송관(10)의 유입단에는 제어밸브(v3, v4)가 구비될 수 있다. 본 발명에서 리큐퍼레이터(210, 230, 250)는 열원의 개수와 동일하거나 적은 개수로 구비될 수 있으며, 본 실시 예에서 리큐퍼레이터(210, 230, 250)는 3개로 구비되는 것을 예로 하여 설명한다.

[0042] 제1 리큐퍼레이터(210)는 후술할 제1 제한 열교환기(310)로 작동 유체가 유입되는 유입단 이전에 구비되며, 제2 리큐퍼레이터(230)는 후술할 제2 제한 열교환기(330)로 작동 유체가 유입되는 유입단 이전에 구비될 수 있다. 제3 리큐퍼레이터(250)는 3방향 밸브(600)의 전단에서 분기된 이송관(10) 상에 설치된다.

[0043] 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로는 고온 터빈(430)을 통과한 유체의 유량(mt1) 및 저온 터빈(410)을 통과한 유체의 유량(mt2)이 합쳐진 유량(mt0, 이하 통합 유량이라고 정의함)의 일부가 분기되어 유입된다. 또한, 작동 유체의 통합 유량(mt0) 중 일부는 제3 리큐퍼레이터(250)로 분기되어 유입된다. 제1 리큐퍼레이터(210)의 유입단에는 제어 밸브(v1)가 설치되고, 제1 리큐퍼레이터(210)에 연결된 이송관(10)으로부터 분기된 다른 이송관(10) 상에 제2 리큐퍼레이터(230)가 구비된다. 제2 리큐퍼레이터(230)의 유입단에도 제어밸브(v2)가 설치된다.

[0044] 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 복수의 리큐퍼레이터(210, 230, 250)로 얼만큼씩 나누어 분기할지는 별도의 컨트롤러(미도시)에 의해 제어되며, 분기를 위해 이송관(10)의 분기점에 3방향 밸브(600)가 구비될 수 있다. 또한, 3방향 밸브(600) 전단의 제3 리큐퍼레이터(250) 쪽으로 분기되는 분기점에도 3방향 밸브(700)가 구비될 수 있다.

[0045] 열원은 배출되는 기체의 배출 조건이 정해져 있는 복수의 제한 열원(constrained heat source)과, 배출 조건이 정해져 있지 않은 복수의 일반 열원으로 구성될 수 있다. 전술한 배출 규제 조건은 온도 조건이며, 배출 규제 조건은 모든 열원이 동일할 수도 있고, 모든 열원이 다를 수도 있다.

[0046] 본 명세서에서는 편의상 제한 열원으로 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)가 구비되고, 일반 열원으로 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)가 구비된 것을 예로 하여 설명한다.

[0047] 또한, 제1 제한 열교환기(310)로 유입되는 작동 유체의 유량을 m1 이라고 정의하며, 제2 제한 열교환기(330)로 유입되는 작동 유체의 유량을 m2, 제1 열교환기(350)로 유입되는 작동 유체의 유량을 m3, 제n 열교환기로 유입되는 작동 유체의 유량을 mN으로 정의한다.

[0048] 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)는 배기 가스와 같이 폐열을 갖는 기체(이하 폐열 기체)를 열원으로 사용하되, 폐열 기체의 배출 시 배출 규제 조건을 갖는 열원이다.

[0049] 제1 제한 열교환기(310)로 유입되는 폐열 기체의 온도는 후술할 제1 열교환기(350)로 유입되는 폐열 기체의 온도보다 상대적으로 낮을 수 있다. 제1 제한 열교환기(310)는 폐열 기체의 열로 제1 리큐퍼레이터(210)를 통과한 작동 유체를 가열한다. 제1 제한 열교환기(310)에서 열을 빼앗긴 폐열 기체는 배출 규제 조건에 맞는 온도로 냉각되어 제1 제한 열교환기(310)를 빠져나간다.

[0050] 제2 제한 열교환기(330) 역시 제1 제한 열교환기(310)와 동일한 열원으로, 제2 제한 열교환기(330)로 유입되는 폐열 기체의 온도는 후술할 제1 열교환기(350)로 유입되는 폐열 기체의 온도보다 상대적으로 낮을 수 있다. 제2 제한 열교환기(330)는 제1 제한 열교환기(310)와 다른 배출 규제 조건을 가질 수도 있고, 동일한 배출 규제 조건을 가질 수도 있다. 제2 제한 열교환기(330)는 폐열 기체의 열로 제2 리큐퍼레이터(230)를 통과한 작동 유체를 가열한다. 제2 제한 열교환기(330)에서 열을 빼앗긴 폐열 기체는 배출 규제 조건에 맞는 온도로 냉각되어 제2 제한 열교환기(330)를 빠져나간다.

[0051] 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)에서 이용하는 폐열 기체의 온도가 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)에서 이용하는 폐열 기체의 온도보다 낮거나, 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)에서 이용하는 폐열 기체의 열량은 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)에서 이용하는 폐열 기체의 열량보다 낮을 수 있다. 그 이유는 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)는 배출 규제 조건이 정해져 있는 열원이기 때문에 배출 규제 온도를 맞추기 위해 이용할 수 있는 열량에 한계가 있기 때문이다. 그러나 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)는 배출 규제 조건이 정해져 있지 않은 열원이기 때문에 이용할 수 있는 열량에 한계가 없으므로 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)에서 충분히 열을 흡수하여 작동 유체가 고온으로 가열될 수 있다.

[0052] 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)를 통과하며 가열된 작동 유체는 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 공급되어 터빈(410, 430)을 구동시키며, 이를 위해 터빈(410, 430)의 전단에는 제어 밸브(번호 미표기)가 구비된다.

[0053] 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)는 폐열 기체와 작동 유체를 열교환하여 작동 유체를 가열하는 역할을 하며, 배출 규제 조건이 없는 열원이다. 배출 규제 조건이 없는 열원은 예를 들어, 시멘트 공정에서의 AQC 폐열 조건 에 해당될 수 있다. 펌프(100)를 통과한 작동 유체의 일부는 먼저 제2 리큐퍼레이터(230)로 분기되고, 제2 리큐퍼레이터(230)의 전단에서 작동 유체의 유량 일부가 분기되어 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 보내진다. 즉, 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 보내지는 작동 유체는 리큐퍼레이터를 거치지 않은 작동 유체가 공급된다. 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)의 전단에는 제어 밸브(v5, v6)가 각각 구비된다. 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 보내진 작동 유체는 폐열 기체와 열교환해 고온으로 가열된다. 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)를 통과하며 가열된 작동 유체는 후술할 고온 터빈(430) 및 저온 터빈(410)으로 공급된다. 또는, 펌프(100)를 통과한 작동 유체는 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)를 통과한 뒤 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)를 통해 가열될 수도 있다.

[0054] 터빈(410, 430)은 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 구성되며, 작동 유체에 의해 구동되어 이 터빈들 중 적어도 어느 하나의 터빈에 연결된 발전기(450)를 구동시킴으로써 전력을 생산하는 역할을 한다. 고온 터빈(430) 및 저온 터빈(410)을 통과하면서 작동 유체가 팽창되므로 터빈(410, 430)은 팽창기(expander)의 역할도 하게 된다. 본 실시 예에서는 고온 터빈(430)에 발전기(450)가 연결되어 전력을 생산하며, 저온 터빈(410)은 펌프(100)를 구동시키는 역할을 한다.

[0055] 여기서 고온 터빈(430)과 저온 터빈(410)이라는 용어는 상대적인 의미를 갖는 용어로서, 특정 온도를 기준값으로 하여 그보다 높으면 고온이고 그보다 낮으면 저온이라는 의미로 이해되지 않아야 함을 밝혀둔다.

[0056] 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 배출 규제 온도 조건이 높거나, 유입되는 폐열 기체의 유량이 적으면 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)에서 요구되는 열용량 또한 작다.

[0057] 여기서 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 열용량이 작은 경우는 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)로 유입되는 냉각 유체의 입구단 쪽 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)에서 요구되는 열용량이 작은 경우를 의미한다. 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)에서 요구되는 열용량이 작으면 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 보내지는 작동 유체의 유량(m1, m2)을 감소시킬 수 있다. 동시에 제3 리큐퍼레이터(250)로 보내지는 작동 유체의 유량(mRC)을 증가시켜 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)을 통과한 중온의 작동 유체를 제3 리큐퍼레이터(250)로 이송해 펌프(100)를 통과한 작동 유체와 열교환시킨다. 펌프(100)를 통과한 작동 유체는 제3 리큐퍼레이터(250)에서 가열된 뒤 바로 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 공급될 수 있다.

[0058] 즉, 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)에서 요구되는 열용량이 작아 적은 유량을 보내고, 많은 유량의 작동 유체는 제3 리큐퍼레이터(250)로 보내 작동 유체의 통합 유량(mt0)의 열량을 충분히 사용하는 것이다.

[0059] 따라서 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)는 복수의 소용량 리큐퍼레이터를 사용할 수 있으며, 제3 리큐퍼레이터(250)는 소수의 대용량 리큐퍼레이터를 사용할 수 있다. 소용량 리큐퍼레이터는 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 개수와 동일할 수 있다.

[0060] 이 때, 작동 유체의 통합 유량(mt0) 중 일부를 동일하게 분배하여 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 보내 폐열 기체의 배출 규제 조건을 충족시키면서 작동 유체를 가열할 수 있다.

[0061] 이러한 구성을 갖는 본 발명의 일 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템에 있어서, 구체적인 예를 들어 작동 유체의 흐름을 설명하면 다음과 같다.

[0062] 쿨러(500)를 거쳐 냉각된 작동 유체는 펌프(100)에 의해 순환되어 제어 밸브(v3, v4)를 통해 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 각각 분기되어 보내진다. 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 배출 규제 조건에 따라 제1 리큐퍼레이터(210)로 보내지는 작동 유체의 유량(m1)과 제2 리큐퍼레이터(230)로 보내지는 작동 유체의 유량(m2)이 달라질 수 있다.

[0063] 펌프(100) 통과 후 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)로 각각 분기된 작동 유체는, 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)을 통과한 작동 유체의 통합 유량(mt0)으로부터 분기되어 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제

2 리큐퍼레이터(230)를 각각 통과하는 작동 유체와 열교환하여 1차로 가열된다.

[0064] 그 후 제1 리큐퍼레이터(210)를 통과한 작동 유체는 제1 제한 열교환기(310)로 보내져 폐열 기체와 열교환해 2차로 가열된 뒤 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 공급된다.

[0065] 제2 리큐퍼레이터(230)로 보내진 작동 유체는 제2 리큐퍼레이터(230)의 전단에서 다시 분기되어 제2 리큐퍼레이터(230)와 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 보내진다.

[0066] 제2 제한 열교환기(330)로 보내진 작동 유체는 폐열 기체와 열교환해 2차로 가열된 후 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 보내진다. 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 보내진 작동 유체는 제1 열교환기(350)의 전단에서 분기되어 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 각각 보내진다. 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)에서 가열된 작동 유체는 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)으로 보내진다.

[0067] 이때 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 폐열 기체 배출 규제 조건은 섭씨 200도 정도로 유사할 수 있다. 배추 규제 조건이 유사하므로 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 동일하게 나누어 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)로 보낼 수 있다. 만약, 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)의 배출 규제 조건이 상이한 경우, 배출 규제 조건이 더 높은 온도 쪽의 제한 열원으로 작동 유체의 통합 유량(mt0)을 좀더 적게 보낼 수 있다. 즉, 적은 유량의 작동 유체와 열교환 함으로써 좀더 고온으로 폐열 기체를 배출해야 하는 제한 열원에서 열교환이 적게 일어나도록 할 수 있다.

[0068] 또한, 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)로 유입되는 폐열 기체는 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)로 유입되는 폐열 기체의 온도에 비해 상대적으로 낮은 중온의 폐열 기체일 수 있다.

[0069] 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)에서 가열된 중온의 작동 유체와, 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)를 통과한 고온의 작동 유체(m2) 역시 저온 터빈(410) 또는 고온 터빈(430)으로 이송되어 이들을 구동시킨다. 중온 또는 고온의 작동 유체가 어떤 터빈(410, 430)을 구동시킬 지의 여부는 운전 조건에 따라 전술한 컨트롤러에 의해 결정된다.

[0070] 또는, 작동 유체가 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)를 거치지 않고 펌프(100)를 통해 제3 리큐퍼레이터(250)로 바로 이송될 수도 있다. 저온의 작동 유체가 제1 리큐퍼레이터(210) 및 제2 리큐퍼레이터(230)에 비해 많은 열량을 공급할 수 있는 고용량의 제3 리큐퍼레이터(250)를 통과하여 가열된 후 저온 터빈(410) 또는 고온 터빈(430)으로 보내져 이들을 구동시킬 수 있다.

[0071] 저온 터빈(410) 및 고온 터빈(430)을 통과하며 팽창된 중온의 작동 유체(mt0)는 제1 리큐퍼레이터(210) 내지 제3 리큐퍼레이터(250)로 분기되어 공급되며, 펌프(100)를 통과한 저온의 작동 유체와 열교환해 냉각된 후 쿨러(500)로 유입된다.

[0072] 여기서 저온, 중온, 고온의 의미는 상대적인 의미를 갖는 것으로서, 특정 온도를 기준값으로 하여 그보다 높으면 고온이고 그보다 낮으면 저온이라는 의미로 이해되지 않아야 함을 밝혀둔다.

[0073] 일반적으로 펌프(100)를 구동시키는 저온 터빈(410)보다 발전기(450)를 구동시키는 고온 터빈(430)의 출력이 커야하므로, 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)를 통과해 중온 상태인 작동 유체를 저온 터빈(410)으로 보내는 것이 바람직하다. 이에 따라, 제1 제한 열교환기(310) 및 제2 제한 열교환기(330)에 비해 상대적으로 고온 상태인 제1 열교환기(350) 및 제2 열교환기(370)를 통과한 작동 유체를 고온 터빈(430)으로 보내는 것이 바람직하다.

[0074] 그러나 중온의 작동 유체 또는 고온의 작동 유체를 어느 터빈(410, 430)으로 보낼 것인지에 대한 결정은 운전 조건 및 폐열 기체의 배출 규제 조건에 따라 달라질 수 있다.

[0075] 이상에서는 저온 터빈 및 고온 터빈을 통과한 작동 유체의 통합 유량을 분기하여 제1 리큐퍼레이터 및 제2 리큐퍼레이터로 보내는 실시 예에 대해 설명하였으나, 저온 터빈 및 고온 터빈 각각의 유량을 제1 리큐퍼레이터 및 제2 리큐퍼레이터로 보낼 수도 있다(전술한 실시 예와 동일한 구성에 대해서는 동이한 참조 부호를 참조하여 설명하기로 하며, 상세한 설명을 생략하기로 함).

[0076] 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템을 도시한 모식도이다.

[0077] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 초임계 이산화탄소 발전 시스템은 저온 터빈(410')을 통과한 작동 유체(mt1)를 제1 및 제2 리큐퍼레이터(210, 230)로 보내고, 고온 터빈(430')을 통과한 작동 유체(mt2)를 제3 리큐퍼레이터(250')로 각각 보낼 수 있다. 이때, 저온 터빈(410)의 출력단과 고온 터빈(430)의 출

력단에는 각각 제어 밸브가 구비되며, 저온 터빈(410)의 출력단 및 제어 밸브 후단을 연결하는 이송관은 고온 터빈(430)에서 제1 리큐퍼레이터(210) 내지 제3 리큐퍼레이터(250) 각각으로 연결된 이송관에 연결된다.

[0078] 즉, 저온 터빈(410)의 출력단에 밸브 V1이 설치되고 고온 터빈(430)의 출력단에 제어 밸브(V1')가 설치되며, 이송관(30')은 고온 터빈(430)측 제어 밸브(V1')와 제1 리큐퍼레이터(210')를 연결한다. 제어 밸브(V1')의 후단은 이송관(30')에 연결된다. 저온 터빈(410)의 출력단에 제어 밸브(V2)가 설치되고 고온 터빈(430)의 출력단에 제어 밸브(V2')가 설치되며, 이송관(50')은 고온 터빈(430)측 제어 밸브(V2')와 제2 리큐퍼레이터(210')를 연결한다. 제어 밸브(V2')의 후단은 이송관(50')에 연결된다. 저온 터빈(410)의 출력단에 제어 밸브(V7)가 설치되고 고온 터빈(430)의 출력단에 제어 밸브(V7')가 설치되며, 이송관(70')은 고온 터빈(430)측 제어 밸브(V7')와 제2 리큐퍼레이터(210')를 연결한다. 제어 밸브(V7')의 후단은 이송관(70')에 연결된다.

[0079] 예를 들어, 제1 제한 열교환기(310')의 배출 규제 조건이 섭씨 220도이고, 제2 제한 열교환기(330')의 배출 규제 조건이 섭씨 200도인 경우를 가정할 수 있다. 이 경우, 전술한 실시 예에서와 같이 통합 유량(mt0)의 분기량을 통해 배출 규제 조건을 만족시킬 수 있다.

[0080] 즉, 발전기(450')를 가동시키기 위해 저온 터빈(410')보다 상대적으로 높은 온도의 작동 유체가 공급되는 고온 터빈(430') 쪽에서 배출되는 작동 유체의 유량을 저온 터빈(410)측 작동 유체의 유량보다 증가시켜 이송관(70')을 통해 고용량의 제3 리큐퍼레이터(250') 쪽으로 공급함으로써 큰 온도 차이에 의해 제1 및 제2 리큐퍼레이터(210', 230')에서보다 열교환이 더 크게 일어나게 할 수 있다.

[0081] 또한, 고온 터빈(430')보다 상대적으로 낮은 온도의 작동 유체가 공급되는 저온 터빈(410') 쪽에서 배출되는 작동 유체의 유량을 별도의 이송관(30')을 통해 고온 터빈(430) 측 작동 유체의 유량보다 증가시켜 이송관(30', 50')을 통해 제1 및 제2 리큐퍼레이터(210, 230)로 보내 제1 제한 열교환기(310') 및 제2 제한 열교환기(330') 각각의 폐열 기체 배출 규제 조건을 만족시킬 수 있다. 저온 터빈(410') 쪽에서 배출되는 작동 유체는 열량 흡수에 제한이 없는 제1 열교환기(350') 및 제2 열교환기(370') 쪽으로도 공급되므로, 폐열 기체와의 열교환이 제1 및 제2 제한 열교환기(310', 330')에서보다 더 일어나게 할 수 있다.

[0082] 또는, 제3 리큐퍼레이터(250') 쪽으로는 고온 터빈(430) 측의 작동 유체만을 이송하고, 제1 및 제2 리큐퍼레이터(210, 230) 쪽으로는 저온 터빈(410) 측 작동 유체만 공급하는 방법으로 열원의 배출 규제 조건을 만족시킬 수도 있다.

[0083] 본 발명에 따르면, 열원의 입출구 온도, 용량, 개수 등의 조건에 따라 각 열교환기를 효과적으로 배치함으로써 열원의 개수 대비 동일하거나 적은 수의 리큐퍼레이터를 이용할 수 있어 시스템 구성이 간소화되고 효과적인 운영이 가능한 장점이 있다.

[0084] 앞에서 설명되고 도면에 도시된 본 발명의 일 실시 예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 권리범위는 청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 및 변경하는 것이 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경이 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한, 본 발명의 권리범위에 속하게 될 것이다.

부호의 설명

[0085] 10, 30, 50: 이송관 100: 쿨러

210: 제1 리큐퍼레이터 230: 제2 리큐퍼레이터

250: 제3 리큐퍼레이터 310: 제1 제한 열교환기

330: 제2 제한 열교환기 350: 제1 열교환기

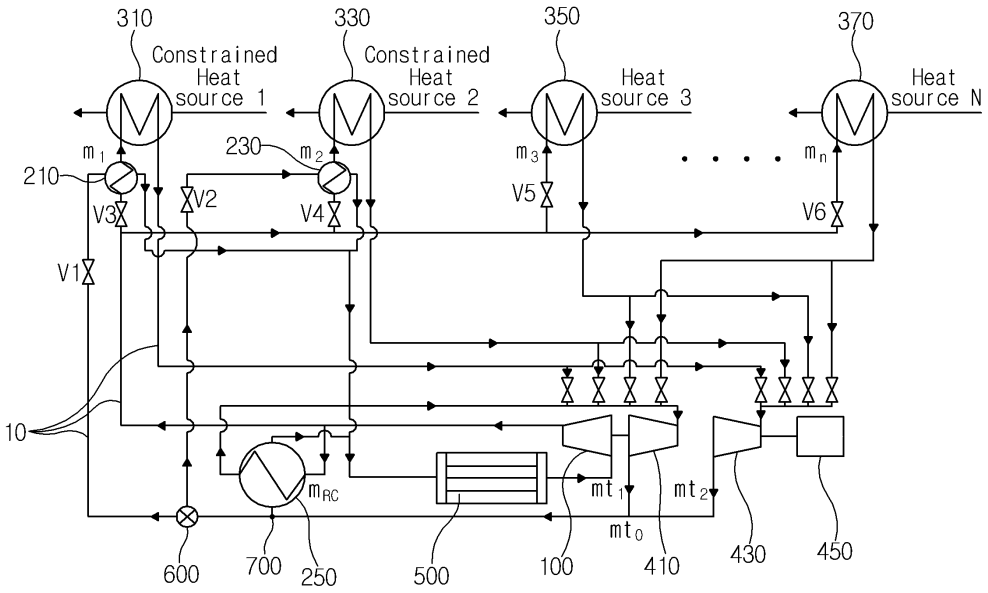
370: 제2 열교환기 410: 저온 터빈

430: 고온 터빈 450: 발전기

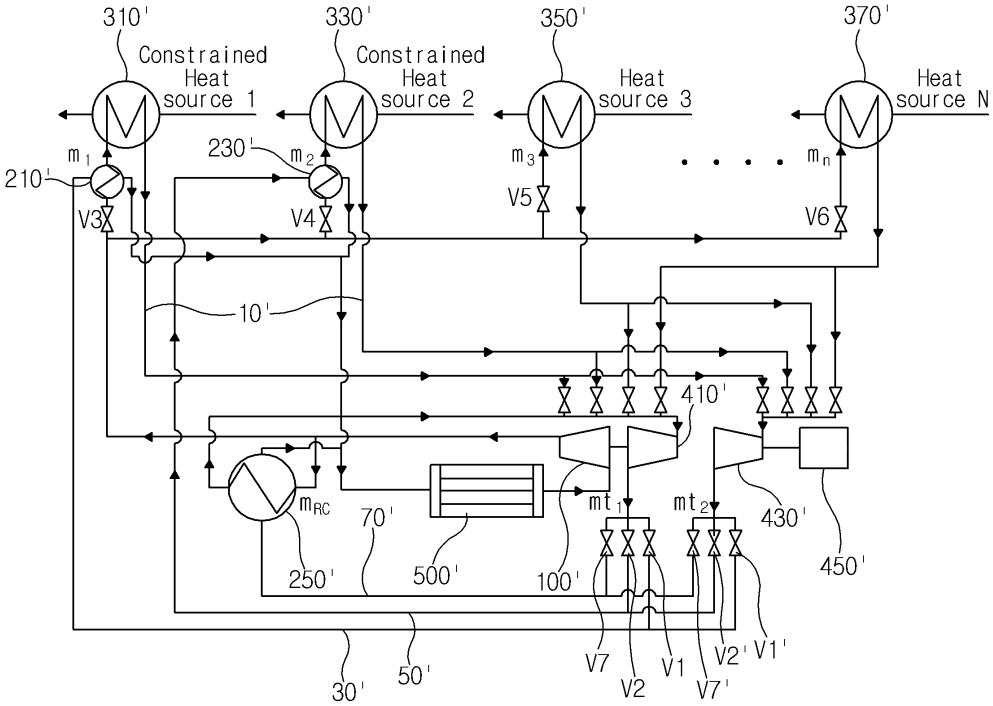
500: 쿨러

도면

도면1


310
Constrained Heat source 1
330
Constrained Heat source 2
350
Heat source 3
370
Heat source N
m1
m2
m3
mn
210
230
V1
V2
V3
V4
V5
V6
10
mRC
mt1
mt2
mt0
600
700
250
500
100
410
430
450

도면2


310'
Constrained Heat source 1
330'
Constrained Heat source 2
350'
Heat source 3
370'
Heat source N
m1
m2
m3
mn
210'
230'
V3
V4
V5
V6
10'
410'
mRC
mt1
mt2
70'
250'
500'
100'
430'
450'
30'
50'
V7
V2
V1
V2'
V7'
V1'