



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0028999
(43) 공개일자 2016년03월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 23/12 (2006.01) *F01K 23/02* (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01) *F01K 25/10* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F01K 23/12 (2013.01)
F01K 23/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7027250
- (22) 출원일자(국제) 2014년03월04일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2015년10월02일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/020242
- (87) 국제공개번호 WO 2014/138035
 국제공개일자 2014년09월12일
- (30) 우선권주장
 61/772,204 2013년03월04일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인
 에코진 파워 시스템스, 엘엘씨
 미국 오하이오주 44308 애크런 워터 스트리트 365
 기젤, 조슈아
 미국, 오하이오 44241, 스트리츠버러, 메도우 릿
 지 드라이브 10115
 헬드, 티모씨
 미국, 오하이오 44333, 아크론, 빅 스프루스 드라
 이브 4150
- (72) 발명자
 헬드, 티모씨
 미국, 오하이오 44333, 아크론, 빅 스프루스 드라
 이브 4150
 기젤, 조슈아
 미국, 오하이오 44241, 스트리츠버러, 메도우 릿
 지 드라이브 10115
- (74) 대리인
 김태홍, 김진희

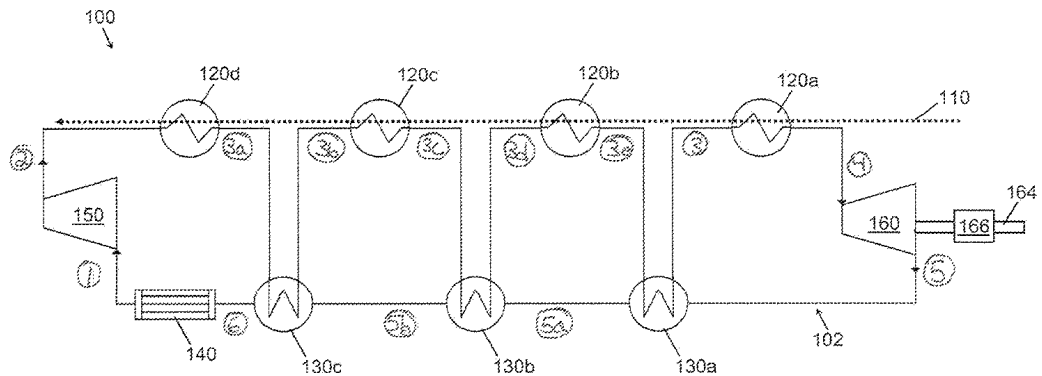
전체 청구항 수 : 총 31 항

(54) 발명의 명칭 큰 네트 파워 초임계 이산화탄소 회로를 구비한 열 엔진 시스템

(57) 요약

열 에너지로부터 기계적인 에너지 및/또는 전기적인 에너지를 생성하는 것과 같이, 에너지를 변환하기 위한 열 엔진 시스템 및 방법이 본원에서 제공된다. 열 엔진 시스템은, 작동 유체 회로의 몇몇 상이한 구성들 중 하나를 가질 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템의 하나의 구성이, 시스템 펌프와 팽창기 사이에서 작동 유체 회로의 고압 측 상에 순차적으로 배치된, 적어도 4개의 열 교환기 및 적어도 3개의 환열기(recuperator)를 포함한다. 열 엔진 시스템의 다른 구성은, 작동 유체 회로의 고압측 내에서 분할 유동경로의 상류에 그리고 재조합된 유동경로의 하류에 배치된 저온 열 교환기 및 환열기를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

F01K 23/10 (2013.01)

F01K 25/103 (2013.01)

(30) 우선권주장

61/782,400 2013년03월14일 미국(US)

61/818,355 2013년05월01일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

열 엔진 시스템으로서,

고압측 및 저압측을 구비하고 작동 유체가 관통 유동하도록 구성된 작동 유체 회로로서, 상기 작동 유체 회로의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고, 상기 작동 유체가 이산화탄소를 포함하는 것인 작동 유체 회로;

복수의 열 교환기로서, 상기 열 교환기 각각이 상기 작동 유체 회로의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되며, 열 공급원에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성되고, 그리고 열 공급원으로부터 고압측 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성되는, 복수의 열 교환기;

복수의 환열기로서, 상기 환열기 각각이 상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 상기 작동 유체 회로의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성되고, 상기 복수의 열 교환기 및 상기 복수의 환열기가 상기 작동 유체 회로 내에서 순차적으로 그리고 교호적으로 배치되는 것인 복수의 환열기;

상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고, 상기 고압측과 상기 저압측 사이에 배치되고, 그리고 상기 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성되는 팽창기;

상기 팽창기에 커플링되고 장치를 기계적 에너지로 구동하도록 구성되는 구동샤프트;

상기 작동 유체 회로의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 작동 유체를 상기 작동 유체 회로 내에서 순환 또는 가압하도록 구성되는 시스템 펌프; 및

상기 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통하고 상기 작동 유체 회로의 저압측 내에서 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성되는 냉각기

를 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 열 교환기가 4개 이상의 열 교환기를 포함하는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 환열기가 3개 이상의 환열기를 포함하는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

제1 환열기가 제1 열 교환기와 제2 열 교환기 사이에 배치되고, 제2 환열기가 제2 열 교환기와 제3 열 교환기 사이에 배치되고, 제3 환열기가 제3 열 교환기와 제4 열 교환기 사이에 배치되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 열 교환기가 상기 고압측 상에서 상기 제1 환열기의 하류에 그리고 팽창기의 상류에 배치되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제4 열 교환기가 상기 고압측 상에서 시스템 펌프의 하류에 그리고 제3 환열기의 상류에 배치되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 냉각기가, 상기 저압측 상에서 상기 제3 환열기의 하류에 그리고 상기 시스템 펌프의 상류에 배치되는 응축기를 포함하는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 작동 유체 회로의 저압측에 유체적으로 커플링되고 질량 제어 탱크를 포함하는 질량 관리 시스템을 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 시스템 펌프에 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성된 가변 주파수 구동부를

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 시스템 펌프가 상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기로 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 시스템 펌프가 제2 팽창기에 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기에 커플링되고 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하도록 구성된 발전기 또는 교류 발전기

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 작동 유체 회로 내의 터보펌프

를 더 포함하고, 상기 터보펌프는, 상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기에 커플링된 펌프 부분을 포함하고, 상기 펌프 부분이 상기 기계적 에너지에 의해서 구동되도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 14

열 엔진 시스템으로서,

고압측 및 저압측을 구비하고 작동 유체가 관통 유동하도록 구성된 작동 유체 회로로서, 상기 작동 유체 회로의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고, 상기 작동 유체가 이산화탄소를 포함하는 것인 작동 유체 회로;

고온 열 교환기 및 저온 열 교환기로서, 상기 고온 및 저온 열 교환기 각각이 상기 작동 유체 회로의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되고 그리고 열 공급원에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통하도록 구성되고, 상기 고온 열 교환기가 상기 열 공급원으로부터 제1 온도의 고압측 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성되고, 상기 저온 열 교환기가 상기 열 공급원으로부터 상기 제1 온도보다 낮은 제2 온도의 고압측 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성되는 것인 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기;

상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 상기 작동 유체 회로의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성되는 환열기;

상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고, 상기 고압측과 상기 저압측 사이에 배치되며, 상기 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성되는 팽창기;

상기 팽창기에 커플링되고 기계적 에너지로 장치를 구동하도록 구성되는 구동샤프트;

상기 작동 유체 회로의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내에서 작동 유체를 순환 또는 가압하도록 구성되는 시스템 펌프;

상기 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통하고 상기 작동 유체 회로의 저압측 내에서 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성되는 냉각기;

상기 작동 유체 회로의 고압측 내에 포함되는 분할 유동경로로서, 상기 분할 유동경로는, 상기 시스템 펌프의 하류에 그리고 상기 저온 열 교환기 및 상기 환열기의 상류에 배치되는 분할 접합부를 포함하는 것인 분할 유동 경로; 및

상기 작동 유체 회로의 고압측 내에 포함되는 재조합된 유동경로로서, 상기 재조합된 유동경로가 상기 저온 열 교환기 및 상기 환열기의 하류에 그리고 상기 고온 열 교환기의 상류에 배치된 재조합된 접합부를 포함하는 것인 재조합된 유동경로

를 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 분할 유동경로가 상기 분할 접합부로부터 상기 저온 열 교환기 및 상기 환열기로 연장되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 재조합된 유동경로가 상기 저온 열 교환기 및 상기 환열기로부터 상기 재조합된 접합부로 연장되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 17

열 엔진 시스템으로서,

고압측 및 저압측을 구비하고 작동 유체가 관통 유동하도록 구성된 작동 유체 회로로서, 상기 작동 유체 회로의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고, 상기 작동 유체가 이산화탄소를 포함하는 것인 작동 유체 회로;

고온 열 교환기 및 저온 열 교환기로서, 상기 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기 각각은, 상기 작동 유체 회로의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되며, 열 공급원에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성되고, 그리고 상기 열 공급원으로부터 고압측 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성되는 것인 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기;

상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 상기 작동 유체 회로의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성되는 환열기;

상기 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고, 상기 고압측과 상기 저압측 사이에 배치되며, 상기 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성되는 팽창기;

상기 팽창기에 커플링되고 기계적 에너지로 장치를 구동하도록 구성되는 구동샤프트;

상기 작동 유체 회로의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내에서 작동 유체를 순환 또는 가압하도록 구성되는 시스템 펌프;

상기 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통하고 상기 작동 유체 회로의 저압측 내에서 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성되는 냉각기;

유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하고 상기 저온 열 교환기 주위로 그리고 상기 환열기로 작동 유체를 유동시키도록 구성된 우회 라인으로서, 상기 우회 라인의 유입구 단부가 상기 시스템 펌프의 하류에 그리고 상기 저온 열 교환기의 상류에 배치된 분할 접합부에서 고압측에 유체적으로 커플링되고, 상기 우회 라인의 배출구 단부가 고압측 상에서 상기 환열기의 유입구에 유체적으로 커플링되는 것인 우회 라인; 및

유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하는 환열기 유체 라인으로서, 상기 환열기 유체 라인의 유입구 단부가 고압측 상에서 상기 환열기의 배출구에 유체적으로 커플링되고, 상기 환열기 유체 라인의 배출구 단부가 상기 저온 열 교환기의 하류에 그리고 상기 고온 열 교환기의 상류에 배치된 제조합된 접합부에서 고압측에 유체적으로 커플링되는 것인 환열기 유체 라인

을 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 시스템 펌프로부터, 상기 우회 라인을 통해서, 상기 환열기를 통해서, 상기 환열기 유체 라인을 통해서, 고온 열 교환기를 통해서, 그리고 팽창기로 작동 유체를 유동시키도록 구성된 고압측의 세그먼트(segment)

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 19

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 분할 접합부 또는 상기 제조합된 접합부에서 또는 그 상류에 있는 적어도 하나의 밸브

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 분할 접합부의 상류에 있는 격리 차단 밸브 또는 조절 밸브

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 분할 접합부 또는 상기 제조합된 접합부에 있는 3-방향 밸브

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 22

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 환열기가 상기 작동 유체 회로의 저압측 상에서 상기 팽창기의 하류에 그리고 상기 냉각기의 상류에 배치

되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 23

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각기는, 상기 작동 유체 회로의 저압측 상에서 상기 환열기의 하류에 그리고 상기 시스템 펌프의 상류에 배치된 응축기인 것인 열 엔진 시스템.

청구항 24

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

작동 유체를 상기 시스템 펌프로부터, 상기 저온 열 교환기를 통해서, 상기 고온 열 교환기를 통해서, 그리고 상기 팽창기로 유동시키도록 구성된 고압측의 세그먼트

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 25

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 팽창기가 터빈 또는 터보 장치이고, 상기 시스템 펌프가 시동 모터, 터보펌프, 또는 압축기인 것인 열 엔진 시스템.

청구항 26

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 작동 유체 회로의 저압측에 유체적으로 커플링되고 질량 제어 탱크를 포함하는 질량 관리 시스템

을 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 27

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시스템 펌프에 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성된 가변 주파수 구동부

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 28

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시스템 펌프는, 상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기에 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 29

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시스템 펌프는, 제2 팽창기에 커플링되고 상기 작동 유체 회로 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

청구항 30

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기에 커플링되고 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하도록 구성된 발전기 또는 교류 발전기

를 더 포함하는, 열 엔진 시스템.

청구항 31

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 작동 유체 회로 내의 터보펌프

를 더 포함하고, 상기 터보펌프가 상기 구동샤프트에 의해서 상기 팽창기에 커플링된 펌프 부분을 포함하고, 상기 펌프 부분이 상기 기계적 에너지에 의해서 구동되도록 구성되는 것인 열 엔진 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] **관련 출원의 상호-참조**

[0002] 본원은 2013년 3월 14일자로 출원된 미국 가출원 제61/782,400호의 이익 향유를 주장하고, 그러한 가출원의 내용은 본 개시 내용과 불일치하지 않는 범위 내에서 본원에서 참조로서 포함된다. 본원은 또한 2013년 3월 4일자로 출원된 미국 가출원 제61/772,204호의 이익 향유를 주장하고, 그러한 가출원의 내용은 본 개시 내용과 불일치하지 않는 범위 내에서 본원에서 참조로서 포함된다. 본원은 또한 2013년 5월 1일자로 출원된 미국 가출원 제61/818,355호의 이익 향유를 주장하고, 그러한 가출원의 내용은 본 개시 내용과 불일치하지 않는 범위 내에서 본원에서 참조로서 포함된다.

[0003] **기술분야**

[0004] 본 발명은, 큰 네트 파워 초임계 이산화탄소 회로를 구비한 열 엔진 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 산업적 프로세스 장비의 작동 온도를 유지하기 위한 노력으로서 고온 액체, 가스, 또는 유체의 유동 스트림을 소정 방식으로 환경으로 반드시 배출하여야 하거나 제거하여야 하는 산업적 프로세스의 부산물로서, 폐열이 종종 생성된다. 일부 산업적 프로세스는 다른 프로세스 스트림을 통해서 폐열을 수집하고 해당 프로세스로 다시 재순환시키기 위해서 열 교환기 장치를 이용한다. 그러나, 폐열을 수집 및 재순환시키는 것은 일반적으로, 고온을 이용하거나 불충분한 질량 유동 또는 다른 불리한 조건을 가지는 산업적인 프로세스에서는 실행이 불가능하다.

[0006] 폐열은, 랭킨 사이클(Rankine cycle) 또는 다른 파워 사이클(power cycle)과 같은 열역학적 방법을 이용하는 다양한 터빈 발전기 또는 열 엔진 시스템에 의해서 유용한 에너지로 변환될 수 있다. 랭킨 사이클 및 유사한 열역학적 사이클은, 전형적으로, 폐열을 회수하고 이용하여, 발전기, 펌프 또는 다른 장치에 연결된 터빈, 터보, 또는 다른 팽창기를 구동하기 위한 증기를 생산하는 증기 기반의 프로세스이다.

[0007] 유기 랭킨 사이클(Organic Rankine Cycle)은, 통상적인 랭킨 사이클 동안, 물 대신에, 저비등점 작동 유체(lower boiling-point working fluid)를 이용한다. 예시적인 저비등점 작동 유체에는, 경질 탄화수소(예를 들어, 프로판 또는 부탄)와 같은 탄화수소 및 하이드로클로로플루오로카본(HCFC) 또는 하이드로플루오로카본(HFC)(예를 들어, R245fa)과 같은 할로겐화 탄화수소가 포함된다. 보다 최근에, 저비등점 작동 유체의 열적 불안정성, 독성, 가연성, 및 생산 비용과 같은 문제점을 고려하여, 암모니아와 같은 비-탄화수소 작동 유체를 순환시키도록 일부 열역학적 사이클이 수정되었다.

[0008] 파워 사이클 또는 다른 열역학적 사이클의 작동에서의 지배적인 힘(dominant force) 중 하나가 열 부가(heat addition) 단계에서 효율적이다. 불량하게 구성된 열 엔진 시스템 및 사이클은, 과제를 수행하기 위해서 큰 열 교환기를 필요로 할 뿐만 아니라 열을 전력으로 효율적으로 변환할 수 없다. 그러한 시스템은, 고도로 최적화된 시스템보다 훨씬 더 높은 킬로와트당 비용으로 파워를 전달한다. 그러한 높은 압력 및 온도를 취급할 수 있는 열 교환기는 일반적으로 열 엔진 시스템의 전체 비용의 큰 부분을 차지한다.

[0009] 그에 따라, 시스템 및 방법이 열 에너지로부터 일 또는 전기를 생성하는 동안 최대 효율을 제공할 수 있게 하는, 에너지 변환을 위한 열 엔진 시스템 및 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

[0010] 일반적으로, 개시 내용의 실시예는 열 에너지로부터 기계적인 에너지 및/또는 전기적인 에너지를 생성하는 것과

같이, 에너지를 변환하기 위한 열 엔진 시스템 및 방법을 제공한다. 실시예는, 작동 유체 회로의 몇몇 상이한 구성들 중 하나를 가질 수 있는 열 엔진 시스템을 제공한다. 일 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 시스템 펌프와 팽창기 사이에서 작동 유체 회로의 고압측 상에 순차적으로 배치된, 적어도 4개의 열 교환기 및 적어도 3개의 환열기(recuperator)를 포함한다. 다른 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 작동 유체 회로의 고압측 내의 분할 유동경로의 상류에 그리고 제조합된 유동경로의 하류에 배치된 저온 열 교환기 및 환열기를 포함한다.

[0011] 본원에서 설명되는 하나 이상의 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 열 교환기 및 환열기가 순차적으로 그리고 교호적으로 작동 유체 회로 내에 배치되도록, 작동 유체 회로, 복수의 열 교환기, 및 복수의 환열기를 포함한다. 작동 유체 회로는 일반적으로 고압측 및 저압측을 구비하고, 작동 유체를 추가적으로 포함한다. 많은 예에서, 작동 유체 회로의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고 작동 유체가 이산화탄소를 포함한다. 각각의 열 교환기가 작동 유체 회로의 고압 측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통될 수 있을 것이다. 열 교환기가 열 공급원에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성될 수 있을 것이고, 열 에너지를 열 공급원으로부터 고압측 내의 작동 유체로 전달하도록 구성될 수 있다. 각각의 환열기는 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링될 수 있고 작동 유체 회로의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성될 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템이 팽창기 및 구동샤프트(dirveshaft)를 더 포함할 수 있을 것이다. 팽창기가 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링될 수 있고 고압측과 저압측 사이에 배치될 수 있으며 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성될 수 있을 것이다. 구동샤프트는 팽창기에 커플링될 수 있을 것이고 기계적 에너지로 장치를 구동하도록 구성될 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템이 시스템 펌프 및 냉각기(예를 들어, 응축기)를 더 포함할 수 있을 것이다. 시스템 펌프가 작동 유체 회로의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고 작동 유체를 작동 유체 회로 내에서 순환시키거나 가압하도록 구성될 수 있을 것이다. 냉각기(cooler)가 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통될 수 있을 것이고 작동 유체 회로의 저압측 내에서 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0012] 일부 예에서, 복수의 열 교환기는 4개 이상의 열 교환기를 포함하고, 복수의 환열기는 3개 이상의 환열기를 포함한다. 하나의 예시적인 구성에서, 제1 환열기가 제1 열 교환기와 제2 열 교환기 사이에 배치될 수 있고, 제2 환열기가 제2 열 교환기와 제3 열 교환기 사이에 배치될 수 있을 것이며, 제3 환열기가 제3 열 교환기와 제4 열 교환기 사이에 배치될 수 있을 것이다. 제1 열 교환기가 고압측 상에서 제1 환열기의 하류에 그리고 팽창기의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 제4 열 교환기가 고압측 상에서 시스템 펌프의 하류에 그리고 제3 환열기의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 냉각기가 저압측 상에서 제3 환열기의 하류에 그리고 시스템 펌프의 상류에 배치될 수 있을 것이다.

[0013] 본원에서 설명된 하나 이상의 실시예에서, 열 엔진 시스템이 제공되고 이 열 엔진 시스템은 작동 유체 회로를 포함하며, 그러한 작동 유체 회로는 고압측 및 저압측을 구비하고 작동 유체를 포함하며, 작동 유체 회로의 적어도 일 부분이 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고, 작동 유체가 이산화탄소를 포함한다. 열 엔진 시스템이 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기를 더 포함할 수 있을 것이다. 각각의 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기가 작동 유체 회로의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통될 수 있을 것이다. 또한, 고온 열 교환기 및 저온 열 교환기가 열 공급원에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성될 수 있을 것이고, 열 에너지를 열 공급원으로부터 고압측 내의 작동 유체로 전달하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0014] 열 엔진 시스템이 또한 환열기를 포함하고, 그러한 환열기는 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 작동 유체 회로의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성된다. 환열기가 작동 유체 회로의 저압측 상에서 팽창기의 하류에 그리고 냉각기의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 냉각기가 작동 유체 회로의 저압측 상에서 환열기의 하류에 그리고 시스템 펌프의 상류에 배치될 수 있을 것이다.

[0015] 열 엔진 시스템이 팽창기 및 구동샤프트를 더 포함할 수 있을 것이다. 팽창기가 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링될 수 있고 고압측과 저압측 사이에 배치될 수 있고 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성될 수 있을 것이다. 구동샤프트가 팽창기에 커플링될 수 있을 것이고 기계적 에너지로 장치를 구동하도록 구성될 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템이 시스템 펌프를 더 포함할 수 있을 것이고, 그러한 시스템 펌프는 작동 유체 회로의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로에 유체적으로 커플링되고 작동 유체를 작동 유체 회로 내에서 순환시키거나 가압하도록 구성된다. 열 엔진 시스템은 또한 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통하고 작동 유체 회로의 저압측 내의 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성되는 냉각기(예를 들어, 응축기)를 포함한다.

[0016] 하나의 예시적인 실시예에서, 열 엔진 시스템이 작동 유체 회로의 고압측 내에서 분할 유동경로 및 제조합된 유

동경로를 더 포함할 수 있을 것이다. 분할 유동경로가, 시스템 펌프의 하류에 그리고 저온 열 교환기 및 환열기의 상류에 배치된 분할 접합부를 포함할 수 있을 것이다. 분할 유동경로가, 분할 접합부로부터 저온 열 교환기 및 환열기로 연장될 수 있을 것이다. 재조합된 유동경로가, 저온 열 교환기 및 환열기의 하류에 그리고 고온 열 교환기의 상류에 배치된, 재조합된 접합부를 포함할 수 있을 것이다. 재조합된 유동경로가 저온 열 교환기 및 환열기로부터 재조합된 접합부로 연장될 수 있을 것이다.

[0017] 열 엔진 시스템이 분할 접합부에, 재조합된 접합부에, 또는 분할 접합부 및 재조합된 접합부 양자 모두에 또는 그 근처에(예를 들어, 그 상류에) 적어도 하나의 밸브를 포함할 수 있을 것이다. 일부 예시적인 구성에서, 밸브가 분할 접합부의 상류에 배치된 격리 차단 밸브(isolation shut-off valve) 또는 조절 밸브(modulating valve)일 수 있을 것이다. 다른 예시적인 구성에서, 밸브가 분할 접합부 또는 재조합된 접합부에 배치된 3-방향 밸브일 수 있을 것이다. 저온 열 교환기 및 환열기를 통과하는 작동 유체의 상대적인 유량 또는 비례적인 유량을 제어하도록 밸브가 구성될 수 있을 것이다.

[0018] 다른 예시적인 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하고 저온 열 교환기 주위로 그리고 환열기로 작동 유체를 유동시키도록 구성된 우회 라인을 더 포함할 수 있을 것이고, 우회 라인의 유입구 단부가 시스템 펌프의 하류에 그리고 저온 열 교환기의 상류에 배치된 분할 접합부에서 고압측에 유체적으로 커플링되고, 우회 라인의 배출구 단부가 고압측 상에서 환열기의 유입구에 유체적으로 커플링된다. 또한, 열 엔진 시스템은, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하는 환열기 유체 라인을 포함한다. 하나의 구성에서, 환열기 유체 라인의 유입구 단부가 고압측 상에서 환열기의 배출구에 유체적으로 커플링되고, 환열기 유체 라인의 배출구 단부는, 저온 열 교환기의 하류에 그리고 고온 열 교환기의 상류에 배치된, 재조합된 접합부에서 고압측에 유체적으로 커플링된다.

[0019] 다른 예시적인 구성에서, 열 엔진 시스템이 시스템 펌프로부터, 우회 라인을 통해서, 환열기를 통해서, 유체 라인을 통해서, 고온 열 교환기를 통해서, 팽창기로 작동 유체를 유동시키도록 구성된 고압측의 세그먼트(segment)를 더 포함할 수 있을 것이다. 또한, 시스템 펌프로부터, 환열기를 우회하는 동안 저온 열 교환기 및 고온 열 교환기를 통해서, 그리고 팽창기로 작동 유체를 유동시키도록, 고압측의 다른 세그먼트가 구성될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020] 첨부 도면과 함께 고려할 때, 이하의 구체적인 설명으로부터 본 개시 내용이 가장 잘 이해될 수 있을 것이다. 산업계에서의 표준 실무에 따라서, 여러 가지 특징부(feature)가 실척(scale)으로 도시되지 않았다는 것을 주목하여야 할 것이다. 사실상, 명료한 설명을 위해서, 여러 가지 특징부의 치수는 임의적으로 확대 또는 축소되어 있을 수 있을 것이다.

도 1은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 작동 유체의 고압측 상에 순차적으로 그리고 교호적으로 배치된 4개의 열 교환기 및 3개의 환열기를 포함하는 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 2는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 1에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 압력 대 엔탈피 도표를 도시한다.

도 3은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 1에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 온도 추적 도표를 도시한다.

도 4a 내지 도 4c는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 1에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 환열기 온도 추적 도표를 도시한다.

도 5는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 저온 열 교환기 및 환열기의 하류의 분할 유동경로 그리고 고온 열 교환기 및 팽창기의 상류의 재조합된 유동경로를 구비하는 작동 유체 회로를 포함하는 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 6은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 저온 열 교환기 및 환열기의 하류의 분할 유동경로 그리고 고온 열 교환기 및 팽창기의 상류의 재조합된 유동경로를 구비하는 작동 유체 회로를 포함하는 다른 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 7은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 5에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 압력 대 엔탈피 도표를 도시한다.

도 8a 및 도 8b는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 5에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 온도 추적 도표를 도시한다.

도 9는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 파워 사이클을 도시한다.

도 10은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 도 9에 도시된 파워 사이클에 대한 압력 대 엔탈피 도표를 도시한다.

도 11은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 분할 유동경로를 구비한 작동 유체 회로를 포함하는 다른 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 12는, 본원에서 개시된 다수의 실시예에 따른, 하나 이상의 분할 유동경로를 구비하는 작동 유체 회로의 몇몇 변형을 포함하는 부가적인 예시적 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 13은 도 11 및 도 12에 도시된 열 엔진 시스템에 의해서 이용되는 파워 사이클에 대한 압력 대 엔탈피 도표를 도시한다.

도 14는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 단순한 환열형 파워 사이클을 가지는 다른 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

도 15는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 진보된 병렬 파워 사이클을 가지는 다른 예시적인 열 엔진 시스템을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 일반적으로, 개시 내용의 실시예는 열 에너지로부터 기계적인 에너지 및/또는 전기적인 에너지를 생성하는 것과 같이, 에너지를 변환하기 위한 열 엔진 시스템 및 방법을 제공한다. 실시예는, 작동 유체 회로의 몇몇 상이한 구성들 중 하나를 가질 수 있는 열 엔진 시스템을 제공한다. 일 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 시스템 펌프와 팽창기 사이에서 작동 유체 회로의 고압측 상에 순차적으로 그리고 교호적으로 배치된, 적어도 4개의 열 교환기 및 적어도 3개의 환열기를 포함한다. 다른 실시예에서, 열 엔진 시스템은, 작동 유체 회로의 고압측 내의 분할 유동경로의 상류에 그리고 재조합된 유동경로의 하류에 배치된 저온 열 교환기 및 환열기를 포함한다.

[0022] 본원에서 설명된 바와 같이, 열 엔진 시스템은, 가열된 스트림(예를 들어, 폐열 스트림)의 열 에너지를 가치 있는 기계적 에너지 및/또는 전기적 에너지로 효율적으로 변환시키도록 구성된다. 열 엔진 시스템은, 하나 이상의 열 교환기를 이용하여 폐열 스트림의 열 에너지를 수집 또는 달리 흡수하기 위해서 작동 유체 회로 내에 포함된 초임계 상태(예를 들어, sc-CO₂) 및/또는 아임계 상태(subcritical state)(예를 들어, sub-CO₂)의 작동 유체를 이용할 수 있을 것이다. 열 에너지가 파워 터빈에 의해서 기계적 에너지로 변환될 수 있고 이어서 파워 터빈에 커플링된 발전기에 의해서 전기 에너지로 변환될 수 있다. 열 엔진 시스템은, 기계적 에너지 및/또는 전기적 에너지를 생성하는 동안 열 엔진 시스템의 효율을 최대화하기 위해서 프로세스 제어 시스템에 의해서 관리되는 몇 개의 통합형 하위 시스템을 포함한다.

[0023] 본원에서 설명된 하나 이상의 실시예에서, 도 1에 도시된 바와 같이, 열 엔진 시스템(100)이 제공되고, 그러한 열 엔진 시스템(100)은 작동 유체 회로(102), 복수의 열 교환기(120a-120d), 및 복수의 환열기(130a-130c)를 포함한다. 작동 유체 회로(102)는 일반적으로 고압측 및 저압측을 구비하고, 작동 유체를 추가적으로 포함한다. 많은 예에서, 작동 유체 회로(102)의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고 작동 유체가 이산화탄소를 포함한다. 열 교환기(120a-120d) 및 환열기(130a-130c)가 작동 유체 회로(102)의 고압측 내에 순차적으로 그리고 교호적으로 배치된다.

[0024] 각각의 열 교환기(120a-120d)가 작동 유체 회로(102)의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통될 수 있을 것이다. 또한, 각각의 열 교환기(120a-120d)는 열 공급원(110)에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성되고, 열 에너지를 열 공급원(110)으로부터 고압측 내의 작동 유체로 전달하도록 구성된다. 각각의 환열기(130a-130c)가 독립적으로 작동 유체 회로(102)의 고압측 및 저압측과 유체 연통 및 열적 연통된다. 환열기(130a-130c)가 작동 유체 회로(102)의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성된다.

[0025] 열 엔진 시스템(100)이 팽창기(160) 및 구동샤프트(164)를 더 포함한다. 팽창기(160)가 작동 유체 회로(102)에 유체적으로 커플링될 수 있고 고압측과 저압측 사이에 배치될 수 있고 작동 유체 내의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성될 수 있을 것이다. 구동샤프트(164)가 팽창기(160)에 커플링될 수 있을 것이고, 생성된 기계적 에너지를 이용하여, 발전기 또는 교류 발전기(alternator)[예를 들어, 발전기(166)], 모터, 펌프 또는

압축기[예를 들어, 시스템 펌프(150)], 및/또는 다른 장치와 같은 하나 이상의 장치를 구동하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0026] 열 엔진 시스템(100)이 시스템 펌프(150) 및 냉각기(140)(예를 들어, 응축기)를 더 포함한다. 시스템 펌프(150)가 작동 유체 회로(102)의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로(102)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 또한, 시스템 펌프(150)가 작동 유체를 작동 유체 회로(102) 내에서 순환 및/또는 가압하도록 구성될 수 있을 것이다. 냉각기(140)가 작동 유체 회로(102)의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통될 수 있을 것이고 작동 유체 회로(102)의 저압측 내에서 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0027] 작동 유체는, 시스템 펌프(150)를 빠져 나간 후에, 팽창기(160)로 진입하기에 앞서서, 열 교환기(120a-120d) 및 환열기(130a-130c)를 통해서 순차적으로 그리고 교호적으로 유동한다. 작동 유체 회로(102) 내에 배치된 열 교환기(120a-120d) 및 환열기(130a-130c)의 순차적이고 교호적인 특성은, 열 교환기(120a-120d)를 가로질러 유지되는 큰 온도 편차를 제공하고, 그에 의해서 주어진 파워 출력을 위해서 필요한 열 전달 면적을 감소시키거나, 반대로 주어진 크기의 열 전달 면적에 대한 파워 출력을 증가시킨다. 많은 수의 구성요소 및 파이프 세그먼트의 취급이 실용적이지만 하다면, 교호적인 패턴이 임의의 주어진 구성의 열 엔진 시스템(100)에 대해서 무한대로 적용될 수 있을 것이다.

[0028] 일반적으로, 열 엔진 시스템(100)이, 열 교환기(120a-120d) 및 환열기(130a-130c)로서 도시된 바와 같은, 적어도 4개의 열 교환기 및 적어도 3개의 환열기를 포함하나, 열 엔진 시스템(100)의 구체적인 이용에 따라서 열 엔진 시스템(100)이 그보다 많거나 적은 열 교환기 및/또는 환열기를 포함할 수 있을 것이다. 하나의 예시적인 구성에서, (제1) 환열기(130a)가 (제1) 열 교환기(120a)와 (제2) 열 교환기(120b) 사이에 배치될 수 있고, (제2) 환열기(130b)가 열 교환기(120b)와 (제3) 열 교환기(120c) 사이에 배치될 수 있을 것이며, (제3) 환열기(130c)가 제3 열 교환기(120c)와 (제4) 열 교환기(120d) 사이에 배치될 수 있을 것이다. 열 교환기(120a)가 고압측 상에서 환열기(130a)의 하류에 그리고 팽창기(160)의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 열 교환기(120d)가 고압측 상에서 시스템 펌프(150)의 하류에 그리고 환열기(130c)의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 냉각기(140)가 저압측 상에서 환열기(130c)의 하류에 그리고 시스템 펌프(150)의 상류에 배치될 수 있을 것이다.

[0029] 도 2는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 열 엔진 시스템(100)에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 압력(172) 대 엔탈피(174)를 그래프적으로 도시하는 도표(170)이다. 압력 대 엔탈피 도표는, 열 엔진 시스템(100)의 열역학적 사이클에 대한, 라벨이 부여된 상태 지점(labeled state points) 1, 2, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3, 4, 5, 5a, 5b, 및 6을 도시한다. 도 2에서, 열 교환기(120a, 120b, 120c, 및 120d)가 각각 WHX1, WHX2, WHX3, 및 WHX4로서 라벨 부여되어 있고, 환열기(130a, 130b, 및 130c)가 각각 RC1, RC2, 및 RC3로서 라벨 부여되어 있다. 열 교환기(120a-120d) 및 환열기(130a-130c)에 대한, 각각의 열 교환기 및 환열기 조합의 "췌기형" 특징부는 순차적으로 교호하는 열 교환기 패턴의 윤곽을 나타낸다.

[0030] 도 3은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 열 엔진 시스템(100)에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 온도 추적 도표(176)를 도시한다. 도 2의 압력 대 엔탈피 도표(170) 내의 라벨이 부여된 지점(2, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3, 및 4)이 온도 축(178) 및 열 전달 축(180)을 가지는 도 3의 온도 추적 도표(176) 내에 적용된다. 도 3의 도표(176)는 열 공급원(110)(예를 들어, 폐열 스트림 또는 다른 열적 스트림) 및 각각의 환열기(130a-130c)를 통한 온도 추적을 도시하고, 그러한 도표는 열 교환기(120a-120d) 전체를 통해서 큰 온도차가 유지된다는 것을 보여준다. 열 공급원(110)이 배출 스트림이고, 열 공급원(110)의 온도 추적이 ES로 라벨이 부여된 선에 의해서 도시되어 있다. 열 교환기(120a)의 온도 추적이 지점(3)과 지점(4) 사이에서 연장되는 선에 의해서 도시되어 있다. 열 교환기(120b)의 온도 추적이 지점(3d)과 지점(3e) 사이에서 연장되는 선에 의해서 도시되어 있다. 열 교환기(120c)의 온도 추적이 지점(3b)과 지점(3c) 사이에서 연장되는 선에 의해서 도시되어 있다. 열 교환기(120d)의 온도 추적이 지점(2)와 지점(3a) 사이에서 연장되는 선에 의해서 도시되어 있다. 큰 온도차는 필요로 하는 열 전달 면적의 크기를 감소시킨다. 부가적으로, 도 3의 각각의 폐열 교환기 온도 추적의 변화되는 기울기에 의해서 확인되는 바와 같이, 본원에서 설명된 열 엔진 시스템(100) 및 방법은 낮은 온도 및 높은 압력에서의 변화되는 비열을 효과적으로 완화시킨다.

[0031] 도 4a 내지 도 4c는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 열 엔진 시스템(100)에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 환열기 온도 추적을 도시한다. 도 4a는 환열기(130a)에 대한 환열기 온도 추적 도표(182)를 도시하고, 도 4b는 환열기(130b)에 대한 환열기 온도 추적 도표(184)를 도시하고, 도 4c는 환열기(130c)에 대한 환열기 온도 추적 도표(186)를 도시한다. 일 실시예에서, 설명된 파워 사이클의 장점 중 하나에는, 열 엔

진 시스템(100)에 의해, 주변 온도가 상승됨에 따른 더 많은 환열의 이용, 값비싼 폐열 교환기의 최소화, 및 예를 들어 일부 주변 조건에 대해서 15% 초과와 같은, 넷 시스템 출력 파워(net system output power)의 증가가 포함된다.

[0032] 본원에서 설명된 하나 이상의 실시예에서, 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 열 엔진 시스템(200)이 제공되고, 그러한 열 엔진 시스템은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)의 상류의 분할 유동경로(224) 그리고 고온 열 교환기(220a) 및 팽창기(260)의 상류의 재조합된 유동경로(248)를 구비하는 작동 유체 회로(202)를 제공 및 포함한다. 작동 유체 회로(202)는 고압측 및 저압측을 가지고, 고압측 및 저압측 내에서 순환 및 가압되는 작동 유체를 포함한다. 분할 유동경로(244) 및 재조합된 유동경로(248)가 작동 유체 회로(202)의 고압측 내에 배치된다. 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230) 양자 모두가 분할 유동 접합부(242) 및 분할 유동경로(244)의 상류에 배치된다. 재조합된 유동경로(248)가 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)의 배출구로부터 재조합된 접합부(246)로 연장된다. 고온 열 교환기(220a)가 재조합된 유동경로(248) 및 재조합된 접합부(246)의 하류에 배치될 수 있을 것이다.

[0033] 일반적으로, 작동 유체 회로(202)의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함하고 작동 유체가 이산화탄소를 포함한다. 고온 열 교환기(220a) 및 저온 열 교환기(220b) 각각이 작동 유체 회로(202)의 고압측에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통될 수 있을 것이다. 고온 열 교환기(220a) 및 저온 열 교환기(220b)가 열 공급원(210)에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성되고, 열 공급원(210)으로부터 작동 유체 회로(202)의 고압측 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성된다.

[0034] 환열기(230)는 작동 유체 회로(202)에 유체적으로 커플링될 수 있고, 작동 유체 회로(202)의 고압측과 저압측 사이에서 열 에너지를 전달하도록 구성될 수 있을 것이다. 환열기(230)가 작동 유체 회로(202)의 저압측 상에서 팽창기(260)(예를 들어, 터빈)의 하류에 그리고 냉각기(240)(예를 들어, 응축기)의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 냉각기(240)가 작동 유체 회로(202)의 저압측 내에서 작동 유체와 열적으로 연통될 수 있을 것이다. 냉각기(240)가 작동 유체 회로(202)의 저압측 상에서 환열기(230)의 하류에 그리고 시스템 펌프(250)의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 냉각기(240)가 작동 유체 회로(202)의 저압측 내의 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성될 수 있을 것이다. 시스템 펌프(250)가 작동 유체 회로(202)의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로(202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 시스템 펌프(250)는 작동 유체를 작동 유체 회로(202) 내에서 순환시키도록 및/또는 가압하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0035] 팽창기(260)가 작동 유체 회로(202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고 고압측과 저압측 사이에 배치될 수 있을 것이다. 작동 유체의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환시키도록, 팽창기(260)가 구성될 수 있을 것이다. 구동샤프트(264)가 팽창기(260)에 커플링될 수 있을 것이고, 생성된 기계적 에너지를 이용하여, 발전기 또는 교류 발전기[예를 들어, 발전기(266)], 모터, 펌프 또는 압축기[예를 들어, 시스템 펌프(250)], 및/또는 다른 장치와 같은 하나 이상의 장치를 구동하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0036] 하나의 예시적인 실시예에서, 열 엔진 시스템(200)이 작동 유체 회로(202)의 고압측 내에서 분할 유동경로(244) 및 재조합된 유동경로(248)를 더 포함할 수 있을 것이다. 분할 유동경로(244)가 시스템 펌프(250)의 하류에 그리고 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)의 상류에 배치된 분할 접합부(242)를 포함할 수 있을 것이다. 분할 유동경로(244)가 분할 접합부(242)로부터 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)로 연장될 수 있을 것이다. 재조합된 유동경로(248)가 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)의 하류에 그리고 고온 열 교환기(220a)의 상류에 배치된, 재조합된 접합부(246)를 포함할 수 있을 것이다. 재조합된 유동경로(248)가 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(230)로부터 재조합된 접합부(246)로 연장될 수 있을 것이다.

[0037] 열 엔진 시스템(200)이 분할 접합부(242)에, 재조합된 접합부(246)에, 또는 분할 접합부 및 재조합된 접합부(246) 양자 모두에 또는 그 근처에(예를 들어, 그 상류에) 적어도 하나의 밸브를 포함할 수 있을 것이다. 일부 예시적인 구성에서, 밸브(254)가 분할 접합부(242)의 상류에 배치된 격리 차단 밸브 또는 조절 밸브일 수 있을 것이다. 다른 예시적인 구성에서, 밸브(254)가 분할 접합부 또는 재조합된 접합부(246)에 배치된 3-방향 밸브일 수 있을 것이다. 저온 열 교환기(220b) 및 환열기(203)를 통과하는 작동 유체의 상대적인 유량 또는 비례적인 유량을 제어하도록 밸브(254)가 구성될 수 있을 것이다.

[0038] 다른 실시예에서, 열 엔진 시스템(200)이, 팽창기(260)를 제어하기 위해서 이용될 수 있는, 터빈 스톱 밸브(258)와 같은, 적어도 하나의 스톱 밸브를 포함할 수 있을 것이다. 터빈 스톱 밸브(258)가 고온 열 교환기(220a)로부터 팽창기(260) 상의 유입구까지 연장하는 유체 라인 사이에 커플링되고 그러한 유체 라인과 유체 연통될 수 있을 것이다. 터빈 스톱 밸브(258)가 팽창기(260) 내로의 가열된 작동 유체의 유동을 조절하도록 구

성될 수 있을 것이고, 이는 다시 팽창기(260)의 회전율(rotation rate)을 조정하기 위해서 이용될 수 있을 것이다. 그에 따라, 일 실시예에서, 발전기(266)에 의해서 생성되는 전기 에너지의 양이, 부분적으로, 터빈 스톨 밸브(258)에 의해서 제어될 수 있을 것이다. 다른 실시예에서, 만약 구동샤프트(264)가 시스템 펌프(250)에 커플링된다면, 작동 유체 회로(202) 전체를 통한 작동 유체의 유동이, 부분적으로, 터빈 스톨 밸브(258)에 의해서 제어될 수 있을 것이다.

[0039] 도 5 및 도 6은 열 엔진 시스템(200)에 대한 프로세스/사이클 도표를 도시한다. 작동 유체(예를 들어, 이산화탄소)의 유동은 시스템 펌프를 빠져나간 후에, 저온 열 교환기(220b)와 환열기(230) 사이에서 분할될 수 있을 것이다. 이어서, 작동 유체의 분할 유동들이, 고온 열 교환기(220a)로의 진입에 앞서서, 혼합되거나 달리 조합될 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템(200)은, 다양한 구성요소들을 연결하는 데 필요한 구성요소 및 라인을 최소화하는 것에 의해서, 콤팩트한(compact) 디자인을 제공한다. 일부 구성에서, 환열기(230)와 저온 열 교환기(220b) 사이에서 분산되는 작동 유체의 비율의 제어와 같은, 유동 분할의 제어를 이용하여 작동 유체 회로(202) 전체를 통해서 상이한 주변 조건들에 대해서 온도를 조절할 수 있을 것이고 유동의 균형을 이룰 수 있을 것이다.

[0040] 도 7은, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 열 엔진 시스템(200)에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 압력(282) 대 엔탈피(284)를 그래프적으로 도시하는 도표(280)이다. 압력 대 엔탈피 도표(280)는 열 엔진 시스템(200)의 열역학적 사이클에 대해 라벨이 부여된 상태 지점들을 나타낸다. 도 7에서, 열 교환기(220a 및 220b) 및 환열기(230)가 각각 WHX1, WHX2, 및 RC1로서 라벨 부여되었다. 열 엔진 시스템(200) 내에서 저하된 온도 또는 달리 바람직한 온도를 달성하도록, 그리고 생성되는 파워[예를 들어, 전력 또는 일 파워(work power)]를 최대화하도록, 분할 접합부(242) 및 분할 유동경로(244)가 맞춰질 수 있을 것이다. 일부 예에서, 저온 열 교환기(220b)를 통한 유동 경로가 환열기(230)를 통한 유동 경로와 동일한 압력을 가질 수 있을 것이다. 도 7에 도시된 도표(280)는, 환열 및 폐열 교환 사이의 차이를 명확하게 보여주기 위해서 오프셋된 것이다.

[0041] 도 8a 및 도 8b는, 본원에서 개시된 하나 이상의 실시예에 따른, 열 엔진 시스템(200)에 의해서 생성된 열역학적 사이클에 대한 온도 추적 도표(286 및 288)를 각각 도시한다. 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 환열기(230)가 일반적으로 각 측에서 상이한 질량 유동을 가질 것이기 때문에, 각각의 유체에 대한 엔탈피 변화가 상이할 것인 반면, 전달되는 열은 동일하게 또는 실질적으로 동일하게 유지될 것이다. 일부 예에서는, 분할 접합부(242)에서 질량 유동 분할을 조정하는 것은, 열 엔진 시스템(200)으로 노출되는 여러 가지 조건에서 환열기(230)가 어떻게 기능하는지를 결정할 것이다. 열 엔진 시스템(200)에 의해서 생성되는 열역학적 사이클의 몇몇 장점에는, 시스템 구성요소의 수량의 감소, 파워 출력의 최대화, 상이한 조건들에 대한 질량 유동의 조정 가능성, 폐열 입력의 최대화, 및 배출 스트림 및 배관 연장부(piping runs) 내의 폐열 교환기의 수량의 최소화가 포함된다.

[0042] 다른 예시적인 실시예에서, 도 6에 도시된 바와 같이, 열 엔진 시스템(200)이, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하고 저온 열 교환기(220b) 주위로 그리고 환열기(230)로 작동 유체를 유동시키도록 구성된 우회 라인(228)을 더 포함할 수 있을 것이다. 우회 라인(228)의 유입구 단부가, 시스템 펌프(250)의 하류에 그리고 저온 열 교환기(220b)의 상류에 배치된 분할 접합부(242)에서 고압측에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 우회 라인(228)의 배출구 단부가 고압측 상에서 환열기(230)의 유입구에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 또한, 열 엔진 시스템(200)이, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하는 환열기 유체 라인(232)을 포함한다. 환열기 유체 라인(232)의 유입구 단부가 고압측 상에서 환열기(230)의 배출구에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 환열기 유체 라인(232)의 배출구 단부가, 저온 열 교환기(220b)의 하류에 그리고 고온 열 교환기(220a)의 상류에 배치된, 재조합된 접합부(246)에서 고압측에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다.

[0043] 열 엔진 시스템(200)은 또한, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하고 환열기(230) 주위로 저온 열 교환기(220b)까지 작동 유체를 유동시키도록 구성된 프로세스 라인(234)을 포함한다. 프로세스 라인(234)의 유입구 단부가 분할 접합부(242)에서 고압측에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 프로세스 라인(234)의 배출구 단부가 고압측 상에서 저온 열 교환기(220b)의 유입구에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 또한, 열 엔진 시스템(200)이, 유입구 단부 및 배출구 단부를 구비하는 열 교환기 유체 라인(236)을 포함한다. 열 교환기 유체 라인(236)의 유입구 단부가 저온 열 교환기(220b)의 배출구에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 열 교환기 유체 라인(236)의 배출구 단부가 재조합된 접합부(246)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다.

[0044] 다른 예시적인 구성에서, 열 엔진 시스템(200)이, 시스템 펌프(250)로부터, 우회 라인(228)을 통해서, 환열기(230)를 통해서, 환열기 유체 라인(232)을 통해서, 고온 열 교환기(220a)를 통해서, 그리고 팽창기(260)로 작동

유체를 유동시키도록 구성된, 고압측의 세그먼트를 더 포함한다. 또한, 작동 유체를 시스템 펌프(250)로부터, 환열기(230)를 우회하는 동안 저온 열 교환기(220b) 및 고온 열 교환기(220a)를 통해서, 그리고 팽창기(260)로 유동시키도록, 고압측의 다른 세그먼트가 구성될 수 있을 것이다.

[0045] 일부 예에서, 가변 주파수 구동부가 시스템 펌프(150, 250)에 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(102, 202) 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성될 수 있을 것이다. 다양한 예에서, 팽창기(160, 260)가 터빈 또는 터보 장치일 수 있을 것이고, 시스템 펌프(150, 250)가 시동 펌프, 터보펌프, 또는 압축기일 수 있을 것이다. 다른 예에서, 시스템 펌프(150, 250)가 구동샤프트(164, 264)에 의해서 팽창기(160, 260)에 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(102, 202) 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성될 수 있을 것이다. 다른 예에서, 시스템 펌프(150, 250)가 이차적인 팽창기(미도시)에 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(102, 202) 내의 작동 유체의 질량 유량 또는 온도를 제어하도록 구성될 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템(100, 200)은, 구동샤프트(164, 264)에 의해서 팽창기(160, 260)에 커플링되고 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환하도록 구성되는 발전기 또는 교류발전기를 더 포함할 수 있을 것이다. 일부 예에서, 열 엔진 시스템(100, 200)이 작동 유체 회로(102, 202) 내에 터보펌프를 포함할 수 있을 것이고, 그러한 터보펌프는 구동샤프트(164, 264)에 의해서 팽창기(160, 260)로 커플링된 펌프 부분을 포함하고, 그러한 펌프 부분은 기계적 에너지에 의해서 구동되도록 구성된다.

[0046] 도 1, 도 5, 및 도 6은, 본원의 하나 이상의 실시예에서 설명된 바와 같은, 열적 엔진 시스템, 발전 시스템, 폐열 회수 시스템 또는 다른 열 회수 시스템, 및/또는 열 에너지 대 전기 에너지 시스템으로서 또한 지칭될 수 있는, 예시적인 열 엔진 시스템(100, 200)을 도시한다.

[0047] 다른 실시예에서, 제어기(267)가 발전기(266)를 위한 제어 장치일 수 있을 것이다. 일부 예에서, 제어기(267)는, 시스템 시동 중에 모터[발전기(266)]를 동작시키기 위해서 이용될 수 있는 모터/발전기 제어기이고, 발전기(266)의 가변 주파수 출력을 전력망의 수용 가능 전력으로 변환하며, 시스템이 확실한(positive) 네트 파워 출력을 생성할 때 발전기(266)의 속력 조절을 제공한다. 일부 실시예에서, 열 엔진 시스템(100, 200)이 일반적으로 프로세스 제어 시스템 및 컴퓨터 시스템(미도시)을 포함한다. 컴퓨터 시스템이, 열 엔진 시스템(100, 200) 내의 복수의 밸브, 펌프, 및 센서를 제어하기 위해서 이용되는 복수 제어기 알고리즘을 포함할 수 있을 것이다. 작동 유체의 유동을 제어하는 것에 의해서, 작동 유체 회로(102, 202) 전체를 통한 질량 유동, 온도, 및/또는 압력을 조절하도록 프로세스 제어 시스템이 또한 작동될 수 있다.

[0048] 일부 실시예에서, 열 엔진 시스템(100, 200)의 시스템 펌프(150, 250)가, 시동 펌프, 터보펌프, 또는 시동 펌프 및 터보펌프 양자 모두와 같은 하나 이상의 펌프일 수 있을 것이다. 시스템 펌프(150, 250)가, 작동 유체 회로(102, 202)의 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고 작동 유체 회로(102, 202)를 통해서 작동 유체를 순환시키도록 구성될 수 있을 것이다. 다른 실시예에서, 도 6에 도시된 바와 같이, 열 엔진 시스템(200)은, 팽창기(260)와 같은 팽창기 또는 구동 터빈에 커플링된, 시스템 펌프(250)와 같은 펌프 부분을 가지는 터보펌프(268)를 포함한다. 펌프 부분이 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(102, 202)를 통해서 작동 유체를 순환시키도록 구성될 수 있을 것이다. 구동 터빈, 또는 다른 팽창기가 저압측과 고압측 사이에서 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체의 팽창에 의해서 생성된 기계적인 에너지에 의해서 펌프 부분을 구동하도록 구성될 수 있을 것이다.

[0049] 열 엔진 시스템(100, 200)은, 도 6의 열 엔진 시스템(200)에 대해서 도시된 바와 같이, 작동 유체 회로(102, 202)의 저압측에 유체적으로 커플링되고 질량 제어 탱크(272) 및 작동 유체 공급 탱크(278)를 포함하는 질량 관리 시스템(270)을 더 포함할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 열 엔진 시스템(100, 200)의 전체적인 효율 및 최종적으로 생성되는 파워의 양이 질량 관리 시스템("MMS"; Mass Management System)(270)의 이용에 의해서 영향을 받을 수 있다. 질량 관리 시스템(270)을 이용하여, 재고(inventory) 복귀 라인, 재고 공급 라인과 같은 작동 유체 회로(102, 202) 내의 전략적인 위치뿐만 아니라, 열 엔진 시스템(100, 200) 전체를 통한 연결(tie-in) 지점, 유입구/배출구, 밸브, 또는 도관에서, 열 엔진 시스템(100, 200) 내외로 진입/배출되는 작동 유체의 양을 조절하는 것에 의해서, 이송 펌프를 제어할 수 있을 것이다.

[0050] 일 실시예에서, 질량 관리 시스템(270)이, 작동 유체를 내부에 수용하거나 달리 저장하도록 구성된, 질량 제어 탱크(272)와 같은, 적어도 하나의 저장 용기 또는 탱크를 포함한다. 질량 제어 탱크(272)가 작동 유체 회로(102, 202)의 저압측에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(102, 202)로부터 작동 유체를 수용하도록 구성될 수 있고, 및/또는 작동 유체 회로(102, 202) 내로 작동 유체를 분배하도록 구성될 수 있을 것

이다. 질량 제어 탱크(272)가, 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링된 저장 탱크/용기, 극저온(cryogenic) 탱크/용기, 극저온 저장 탱크/용기, 충전(fill) 탱크/용기, 또는 다른 유형의 탱크, 용기, 또는 컨테이너일 수 있을 것이다.

[0051] 질량 제어 탱크(272)가 하나 이상의 유체 라인(예를 들어, 재고 복귀/공급 라인) 및 밸브(예를 들어, 재고 복귀/공급 밸브)를 통해서 작동 유체 회로(102, 202)의 저압측에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다. 밸브는 -부분적으로 개방됨에 따라, 완전히 개방됨에 따라, 및/또는 폐쇄됨에 따라 - 작동 유체를 작동 유체 회로(102, 202)로부터 제거하도록 또는 작동 유체를 작동 유체 회로(102, 202)에 부가하도록 이동 가능하다. 질량 관리 시스템(270)의 예시적인 실시예 및 소정 범위의 그 변경을, 2011년 10월 21일자로 출원되고 미국 특허 제2012-0047892호로서 공개된 미국 출원 제13/278,705호에서 확인할 수 있고, 그러한 출원의 내용이 본 개시 내용과 불일치하지 않는 범위 내에서 본원에서 참조로서 포함된다.

[0052] 일부 실시예에서, 질량 제어 탱크(272)가, 작동 유체 회로(102, 202) 내의 작동 유체의 압력 또는 온도를 조절하기 위해서 또는 빠져나간 작동 유체를 달리 보충하기 위해서 요구될 때, 열 엔진 시스템(100, 200)에 부가될 수 있는 부가적인/보충적인 작동 유체를 위한 국지적인 저장 탱크로서 구성될 수 있을 것이다. 밸브를 제어하는 것에 의해서, 질량 관리 시스템(270)은, 펌프를 필요로 하거나 필요로 하지 않고, 열 엔진 시스템(100, 200)의 내외로 작동 유체 질량을 부가 및/또는 제거하며, 그에 의해서 시스템 비용, 복잡성, 및 유지보수를 절감한다.

[0053] 예를 들어 유체 충전 시스템과 같은 외부 공급원으로부터 작동 유체 공급부와 같은 적어도 하나의 연결 지점 또는 유체 충전 포트를 통해서, 부가적인 또는 보충적인 작동 유체가 질량 제어 탱크(272)에, 그에 따라 질량 관리 시스템(270) 및 작동 유체 회로(102, 202)에 부가될 수 있을 것이다. 예시적인 유체 충전 시스템이 미국 특허 제8,281,593호에 개시되고 설명되어 있으며, 그러한 특허의 내용은 본 개시 내용과 불일치하지 않는 범위 내에서 본원에서 참조로서 포함된다. 일부 실시예에서, 작동 유체 저장 용기(278)가 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이고, 보충적인 작동 유체를 작동 유체 회로(102, 202) 내로 공급하기 위해서 이용될 수 있을 것이다.

[0054] 본원에서 설명된 다른 실시예에서, 밀봉 가스가, 열 엔진 시스템(100, 200) 내에 포함되는 및/또는 열 엔진 시스템(100, 200)과 함께 이용되는 구성요소 또는 장치로 공급될 수 있을 것이다. 밀봉 가스의 하나의 또는 복수의 스트림이 작동 유체 회로(102, 202) 내의 작동 유체로부터 전달될 수 있을 것이고 기체 상태, 아임계 상태, 또는 초임계 상태의 이산화탄소를 포함할 수 있을 것이다. 일부 예에서, 밀봉 가스 공급부는 밀봉 가스 시스템 내로 공급하는 연결 지점 또는 밸브이다. 일반적으로, 가스 복귀부가 밀봉 가스 및 다른 가스의 방출부, 재수집부, 또는 복귀부에 커플링된다. 가스 복귀부가 - 일반적으로 작동 유체로부터 파생된 - 재순환된, 재수집된, 또는 달리 복귀된 가스의 작동 유체 회로(102, 202) 내로의 공급 스트림을 제공한다. 가스 복귀부가 냉각기(140, 240) 상류에서 그리고 환열기(130a-130c 및 230) 하류에서 작동 유체 회로(102, 202)에 유체적으로 커플링될 수 있을 것이다.

[0055] 열 엔진 시스템(100, 200)은, 작동 유체 회로(102, 202) 내의 지정 지점들에서 측정 및 보고된 작동 유체의 온도, 압력, 및 질량 유량을 처리하기 위해서, 수 많은 세트의 센서, 밸브, 및 펌프와 유선으로 및/또는 무선으로 통신 가능하게 연결된 프로세스 제어 시스템을 포함한다. 측정된 및/또는 보고된 매개변수에 응답하여, 프로세스 제어 시스템은, 제어 프로그램 또는 알고리즘에 따라서 밸브를 선택적으로 조정하도록 작동될 수 있고, 그에 의해서 열 엔진 시스템(100, 200)의 작동을 최대화할 수 있을 것이다.

[0056] 프로세스 제어 시스템이 몇 개의 세트의 센서의 도움으로 반-수동적으로 열 엔진 시스템(100, 200)과 함께 작동될 수 있을 것이다. 제1 세트의 센서가 터보펌프의 흡입 유입구에 또는 그에 인접하여 배열되고, 제2 세트의 센서가 터보펌프 및 시동 펌프의 배출구에 또는 그에 인접하여 배열된다. 제1 세트의 센서 및 제2 세트의 센서가, 터보펌프 및 시동 펌프에 인접하여 작동 유체 회로(102, 202)의 고압측 및 저압측 내의 작동 유체의 압력, 온도, 질량 유량, 또는 다른 성질을 모니터링 및 보고한다. 제3 세트의 센서가 질량 관리 시스템(270)의 질량 제어 탱크(272) 내부에 또는 그에 인접하여 배열되어, 질량 제어 탱크(272) 내의 작동 유체의 압력, 온도, 질량 유량, 또는 다른 성질을 측정 및 보고할 수 있을 것이다. 부가적으로, 기구 공기 공급부(미도시)가, 질소 또는 공기와 같은 기체 공급원을 이용할 수 있는 열 엔진 시스템(100, 200) 및/또는 질량 관리 시스템(270) 내의 센서, 장치, 또는 다른 기구에 커플링될 수 있을 것이다.

[0057] 일반적으로, 개시 내용의 실시예는 열 에너지로부터 기계적인 에너지 및/또는 전기적인 에너지를 생성하는 것과 같이, 에너지를 변환하기 위한 열 엔진 시스템 및 방법을 제공한다. 실시예는, 작동 유체 회로의 몇몇 상이한

구성들 중 하나를 가질 수 있는 열 엔진 시스템을 제공한다. 일 실시예에서, 이산화탄소-기반의 파워 사이클은 저압으로부터 고압으로 작동 유체를 펌핑하는 것, (열 부가를 통해서) 고압 유체 온도를 상승시키는 것, 열 생성 장치(예를 들어, 터빈)를 통해서 유체를 팽창시키는 것, 이어서 (열을 대기로 방출하는 것을 통해서) 저압 유체를 다시 그 시작 지점까지 냉각시키는 것을 포함한다. 이러한 파워 사이클이, 환열기 및 다른 외부의 열 교환기와 같은 여러 가지 열 회수 장치를 통해서 보강될 수 있을 것이다. 열을 부가하는 것의 효율은, 그러한 파워 사이클 작동 중의 중요한 인자이다. 불량하게 디자인된 사이클은, 과제를 수행하기 위해서 큰 열 교환기를 필요로 할 뿐만 아니라 열을 전력으로 효율적으로 변환할 수 없다. 그러한 시스템은, 본원의 실시예에 의해서 설명된 매우 최적화된 시스템보다 상당히 더 높은 킬로와트당 비용으로 파워를 전달한다. 고압 및 고온 열 교환기가 sc-CO₂ 시스템의 전체 비용의 큰 부분을 차지하고 열 교환기에 걸쳐서 큰 온도차를 유지하는 것은 보다 저렴하고 작은 열 교환기를 이용할 수 있는 가능성을 제공한다.

[0058] 본원에서 설명되고 도 9에 도시된 일 실시예에서, 파워 사이클(300)이 밸브 또는 오리피스(302), 냉각 열 교환기(304), 압축기(306), 및 응축기/냉각기(308)를 포함한다. 이러한 실시예에서, 파워 사이클(300)이 증기 압축 냉각 프로세스를 이용하고, 그에 의해서 가스/증기가 압축되고, 냉각되고, 이어서 밸브 또는 오리피스(302)를 통해서 상당히 더 낮은 온도의 액체 및 증기 혼합물로서 증기 돔(vapor dome) 내로 일반적으로 팽창된다. 이어서, '온난(warm)' 스트림은 '304'에서 저온 코일 위로 통과되어, 열이 제거되고 온난 스트림의 온도는 저하된다. 도 10은 도 9에 도시된 파워 사이클(300)에 대한 압력(312) 대 엔탈피(314) 도표(310)를 도시한다.

[0059] 본원에서 설명되고 도 11에 도시된 하나 이상의 실시예에서, 도시된 파워 사이클을 가지는 열 엔진 시스템(400)이 수많은 구성의 여러 가지 장치 및 프로세스를 이용할 수 있을 것이다. 하나의 예시적인 실시예에서, 도시된 파워 사이클을 가지는 열 엔진 시스템(400)이 2개의 압축기[또는 스테이지(stage)] 및 2개의 터빈(또는 스테이지)으로 대략적으로 윤곽화될 수 있을 것이나, 이러한 2개의 구성요소만을 이용하는 것으로 제한되는 것은 아니다. 압축 스테이지들 사이에서 중간 냉각(intercool)을 실시할 수 있고 팽창 스테이지들 사이에서 재가열을 실시할 수 있는 능력이 제공된다. 그러나, 사이클의 큰 효율은, 제1 스테이지 압축에 앞서서(RC3) 그리고 제1 스테이지 압축 이후에(RC4), 환열을 실시하는 것에 의해서 제공될 수 있을 것이다. 이러한 스트림의 환열은, 압축기 2 내로 제공된 에너지의 전부 또는 실질적으로 전부가 수집될 수 있게 하고 시스템 전체를 통해서 재사용될 수 있게 한다. 부가적으로, 환열기(RC3 및 RC4)가 병렬이기 때문에, 압축기 1의 방출 유동을 분할하는 것에 의해서, 최대 온도가 양 열 환열기(RC3 및 RC4)에 걸쳐서 강해질 수 있고, 그에 따라 유사한 구조(architecture)의 이전 사이클보다 상당히 더 많은 에너지가 회수될 수 있게 한다. 또한, 이러한 사이클은 병렬 대신에 직렬의 압축기들(압축기 1 및 압축기 2)을 가지며, 이는 시스템 불안정성을 초래할 수 있는 압축기들 사이의 '누화(cross-talk)'를 감소시킨다.

[0060] 본원에서 설명되고 도 12에 도시된 다른 실시예에서, 파워 사이클을 가지는 열 엔진 시스템(500)이, 이러한 사이클의 몇 가지 변경을 가지는 복수의 실시예를 나타내기 위한 복수의 선택과 함께 도시되어 있다. 증기 압축 저온화(chilling)가 응축기 1 이후에 이루어지고 압축기 2 스테이지에 앞서서 재도입되어 소정의 외부 프로세스를 위한 냉각을 제공할 수 있다. 열 엔진 시스템(500)의 일부 실시예에서, 특정 적용에는 또한 열 공급원을 효과적으로 이용하기 위해서 다른 환열기와 병렬로 또는 직렬로 통합되는 WHX4의 여러 가지 조합을 포함하고, 몇 가지 가능한 경로가 단지 예로서 대략적으로 윤곽화되어 있으나, 이는 현재 고려되는 실시예의 여러 가지 조합으로의 제한을 의미하는 것은 아니다. 필요한 경우에, 전형적인 증기 사이클에서의 공급수 가열기와 상당히 유사한, 재가열 스테이지를 이용하여 부가적인 엔탈피를 제공할 수 있을 것이다.

[0061] 제1 스테이지 압축기(이하의 도면 및 문헌에서 압축기 2)로부터의 압축의 열이 분할 저온 환열기의 이용을 통해서 완전히 회수된다. 고온 가스의 압축에 의해서 변환되는 열이 대기로 방출되지 않거나 실질적으로 방출되지 않고; 오히려 사이클의 나머지에서의 이용을 위해서 회수된다. 환열기의 분할 특징은, 다른 압축기의 유입구가 존재할 수 있는 것과 별개로, 압축에 앞서서 최대량의 열이 회수될 수 있게 한다. 일 실시예에서는, 열 엔진이 단지 하나의 팽창기 또는 터빈을 가질 수 있는 반면, 다른 실시예에서는, 열 엔진이 둘 이상의 팽창기 또는 터빈을 가질 수 있을 것이다. 도 13은 도 11 및 도 12에 도시된 열 엔진 시스템(400, 500)에 의해서 이용되는 파워 사이클에 대한 압력(318) 대 엔탈피(320) 도표(316)를 도시한다.

[0062] 일부 예시적인 실시예에서, 도 11 내지 도 13에 도시된 바와 같이, 이하의 요소가 다음과 같이 상호관련될 수 있을 것이다.

[0063] 제1 폐열 교환기(WHX1);

- [0064] 제2 폐열 교환기(WHX2);
- [0065] 제3 폐열 교환기(WHX3);
- [0066] 제1 터빈(터빈 1);
- [0067] 제2 터빈(터빈 2);
- [0068] 제1 환열기(RC1);
- [0069] 제2 환열기(RC2);
- [0070] 제3 환열기(RC3);
- [0071] 제4 환열기(RC4);
- [0072] 제1 응축기(응축기 1);
- [0073] 제2 응축기(응축기 2);
- [0074] 제1 압축기(압축기 1); 및
- [0075] 제2 압축기(압축기 2).
- [0076] 본원에서 설명된 하나 이상의 실시예에서, 열 엔진 시스템(400, 500)은, 고압축 및 저압축을 구비하고 또한 작동 유체를 포함하는 작동 유체 회로(402)를 포함할 수 있을 것이다. 일반적으로, 작동 유체 회로(402)의 적어도 일부가 초임계 상태의 작동 유체를 포함할 수 있을 것이고 작동 유체가 이산화탄소를 포함한다. 열 엔진 시스템(400, 500)이, 작동 유체 회로(402)의 고압축에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되는, 제1 폐열 교환기, 제2 폐열 교환기, 및 제3 폐열 교환기를 더 포함할 수 있을 것이다. 제1 폐열 교환기, 제2 폐열 교환기, 및 제3 폐열 교환기 각각이 하나 이상의 열 공급원 또는 열 스트림(410)에 유체적으로 커플링되고 열적으로 연통되도록 구성될 수 있을 것이고, 하나 이상의 열 공급원 또는 열 스트림(410)으로부터 고압축 내의 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성될 수 있을 것이다.
- [0077] 일부 실시예에서, 열 엔진 시스템(400, 500)은, 또한, 작동 유체 회로(402)에 유체적으로 커플링되고 작동 유체의 압력 강하를 기계적 에너지로 변환하도록 구성된, 제1 터빈 및 제2 터빈을 포함할 수 있을 것이다. 열 엔진 시스템(400, 500)이 또한, 작동 유체 회로(402)에 유체적으로 커플링되고 작동 유체 회로(402) 내의 작동 유체를 가압 또는 순환시키도록 구성된 제1 압축기 및 제2 압축기를 포함할 수 있을 것이다.
- [0078] 열 엔진 시스템(400, 500)은, 작동 유체 회로(402)에 유체적으로 커플링되고 작동 유체 회로(402)의 저압축으로부터 고압축으로 열 에너지를 전달하도록 구성된, 제1 환열기, 제2 환열기, 제3 환열기, 및 제4 환열기를 더 포함할 수 있을 것이다. 제1 환열기, 제2 환열기, 제3 환열기, 및 제4 환열기 각각이, 저압축에 유체적으로 커플링되고 저압축을 통해서 유동하는 작동 유체로부터 열 에너지를 전달하도록 구성된 냉각 부분, 및 고압축에 유체적으로 커플링되고 고압축을 통해서 유동하는 작동 유체로 열 에너지를 전달하도록 구성된 가열 부분을 더 포함한다. 열 엔진 시스템(400, 500)은 또한, 작동 유체 회로(402) 내의 작동 유체와 열적으로 연통하고 작동 유체 회로(402) 내의 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성된, 제1 응축기 및 제2 응축기를 포함할 수 있을 것이다.
- [0079] 부가적으로, 열 엔진 시스템(400, 500)이 작동 유체 회로(402)의 고압축 내에 배치된, 분할 유동경로(444), 분할 접합부(442), 및 재조합된 접합부(446)를 포함할 수 있을 것이다. 분할 유동경로(444)가 분할 접합부(442)로부터, 제4 환열기의 가열 부분을 통해서, 그리고 재조합된 접합부(446)로 연장될 수 있을 것이다. 분할 접합부(442)가 제1 압축기의 하류에 그리고 제3 환열기 및 제4 환열기의 가열 부분의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 재조합된 접합부(446)가 제3 환열기 및 제4 환열기의 가열 부분의 하류에 그리고 제2 환열기의 가열 부분의 상류에 배치될 수 있을 것이다.
- [0080] 일부 예에서, 제1 터빈이 제1 폐열 교환기의 하류에 그리고 제2 폐열 교환기의 상류에 배치될 수 있을 것이고, 제2 터빈이 제2 폐열 교환기의 하류에 그리고 제1 환열기의 냉각 부분의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 다른 예에서, 제1 환열기가 저압축 상에서 제2 터빈의 하류에 그리고 제2 환열기의 냉각 부분의 상류에 배치될 수 있을 것이고, 고압축 상에서 제3 폐열 교환기의 하류에 그리고 제1 폐열 교환기의 상류에 배치될 수 있을 것이다. 제1 환열기, 제2 환열기, 및 제3 환열기의 냉각 부분들이 저압축 상에서 직렬로 배치될 수 있을 것이다. 제3 환열기의 냉각 부분, 제2 응축기, 및 제2 압축기가 저압축 상에서 직렬로 배치될 수 있을 것이다. 제4 환열기

의 냉각 부분, 제1 응축기, 및 제1 압축기가 작동 유체 회로(402) 상에서 직렬로 배치될 수 있을 것이다.

[0081] 다른 예시적인 구성에서, 제2 환열기의 가열 부분, 제3 폐열 교환기, 제1 환열기의 가열 부분, 및 제1 폐열 교환기가 제1 터빈의 상류에서 고압측 상에 직렬로 배치될 수 있을 것이다. 하나의 예에서, 제1 압축기 및 제3 환열기의 가열 부분이 제2 환열기의 가열 부분의 상류에서 고압측 상에 직렬로 배치될 수 있을 것이다. 다른 예에서, 제1 압축기 및 제4 환열기의 가열 부분이 제2 환열기의 가열 부분의 상류에서 고압측 상에 직렬로 배치될 수 있을 것이다.

[0082] 열 엔진 시스템(400, 500)은, 제1 터빈과 제1 압축기 사이에서 제1 터빈 및 제1 압축기에 커플링되는 제1 구동 샤프트를 포함할 수 있을 것이고, 제1 구동샤프트는 제1 터빈에 의해서 생성된 기계적인 에너지로 제1 압축기를 구동하도록 구성된다. 또한, 열 엔진 시스템(400, 500)은, 제2 터빈과 제2 압축기 사이에서 제2 터빈 및 제2 압축기에 커플링되는 제2 구동샤프트를 포함할 수 있을 것이고, 제2 구동샤프트는 제2 터빈에 의해서 생성된 기계적인 에너지로 제2 압축기를 구동하도록 구성된다. 제1 응축기, 제2 응축기, 또는 제1 응축기 및 제2 응축기 모두가 작동 유체 회로(402)의 저압측 내에 배치될 수 있을 것이고, 작동 유체 회로(402)의 저압측 내의 작동 유체와 열적으로 연통되고, 작동 유체 회로(402)의 저압측 내의 작동 유체로부터 열 에너지를 제거하도록 구성된다.

[0083] 일부 예시적인 구성에서, 작동 유체 회로(402)의 고압측은 제1 터빈 또는 제2 터빈의 하류에 그리고 제1 압축기 또는 제2 압축기의 상류에 위치되고, 작동 유체 회로(402)의 저압측은 제1 압축기 또는 제2 압축기의 하류에 그리고 제1 터빈 또는 제2 터빈의 상류에 위치된다.

[0084] 도 14는 단순한 환열기형 파워 사이클을 가지는 열 엔진 시스템(600)의 다른 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 파워 사이클이 냉각기 또는 응축기(240)에 대한 유입구에서 시작되고, 여기서, 이차적인 유체 공급부(502)로부터의 이차적인 유체로 열을 전달하는 것에 의해서 작동 유체가 냉각되고, 그러한 이차적인 유체는 작동 유체의 냉각 후에 이차적인 유체 복귀부(504)로 복귀된다. 그러나, 이러한 시작 지점은 단지 설명을 위한 목적으로 선택된 것인데, 이는 파워 사이클이 폐쇄 루프 회로이기 때문이고 루프 내의 임의의 지점에서 시작될 수 있기 때문이다. 일부 실시예에서, 이차적인 유체가 담수(fresh water) 또는 해수일 수 있는 한편, 다른 실시예에서 이차적인 유체가 공기 또는 다른 매체일 수 있을 것이다. 이차적인 유체의 온도 및 응축기(240)의 크기에 따라서, 응축기(240)의 배출구 및 펌프(250)에 대한 유입구에서의 유체가 액체 상태 또는 초임계 상태일 수 있을 것이다. 양 실시예에서, 사이클 내의 다른 상태에 비해서, 유체 밀도가 비교적 높을 수 있고 압축성이 비교적 작을 수 있을 것이다.

[0085] 펌프(250)는 샤프트의 일을 이용하여 작동 유체의 방출부에서 작동 유체의 압력을 높인다. 이어서, 작동 유체가 열 교환기(230)로 진입하고, 그러한 열 교환기에서는, 터빈(260) 방출부에서의 유체로부터 잔류 열을 흡수할 수 있게 함으로써, 작동 유체의 온도가 증가된다. 예열된 유체가 열 교환기(220a)로 진입되고, 그러한 열 교환기에서 상기 예열된 유체가, 다른 엔진 또는 다른 열 공급원으로부터의 고온 배출 스트림과 같은, 외부 공급원(210)으로부터 부가적인 열을 흡수한다. 이어서, 예열된 유체가 터빈(260)을 통해서 팽창되어, 샤프트 일을 생성하고, 그러한 샤프트 일은 펌프(250)를 구동하기 위해서 그리고 발전기(266)를 통해서 전력을 생산하기 위해서 이용되고, 그러한 발전기는 일부 실시예에서 모터/교류 발전기 또는 모터/발전기일 수 있을 것이다. 이어서 팽창된 유체가 그 잔류 열의 일부를 열 교환기(230) 내에서 방출한 다음 응축기(240)로 진입하여, 사이클을 완료한다.

[0086] 도 14에 도시된 다른 구성요소는 주 유체 루프(main fluid loop)의 동작 및 제어를 위한 것이다. 예를 들어, 밸브(506)가 차단 밸브이고, 그러한 차단 밸브는 시스템의 비상 차단 및 시스템의 파워 출력의 조절을 제공한다. 또한, 밸브(508)는, 펌프(250)의 적절한 작동을 유지하기 위해서 그리고 시스템의 파워 출력을 조절하기 위해서, 펌프(250) 방출부로부터의 과다 유동의 소정량이 시스템의 나머지를 우회할 수 있게 하는 데 이용될 수 있는 밸브이다. 밸브(510 및 512)뿐만 아니라 저장 탱크(272)를 이용하여, 주 유체 루프 내에 포함되는 작동 유체의 양을 조절하고, 그에 의해서 작동 조건 및 경계 조건(예를 들어, 냉각재 및 열 공급원 온도)의 변화에 응답하여 펌프(250)에 대한 유입구 압력을 능동적으로 제어한다. 제어기(267)는 시스템 시동 중에 발전기(266)를 모터로서 작동시키는 역할을 하고, 발전기(266)의 가변 주파수 출력을 전력망-수용 가능 전력으로 변환하는 역할을 하고, 그리고 시스템이 확실한 네트 파워 출력을 생성할 때, 발전기(266), 팽창기(260), 및 펌프(250)의 속력 조절을 제공하는 역할을 한다.

[0087] 도 15는 다른 실시예에 따른 진보된 병렬 사이클을 가지는 열 엔진 시스템(514)의 다른 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 펌프(250)를 빠져 나가는 유체가 2개의 스트림으로 분할된다. 제1 스트림은, 고온 유체 열

공급원(210)으로부터 열을 순차적으로 제거하고 그 열을 작동 유체로 전달하는, 일련의 3개의 외부 열 교환기(220a, 220b, 및 220c) 중 세번째인 열 교환기(220c)로 진입한다. 열 교환기(220c)를 빠져 나가는 유체가, 제 2 터빈(516)을 빠져 나가는 작동 유체로부터의 잔류 열에 의해서 열 교환기(230) 내에서 부가적으로 가열된다. 마지막으로, 유체가 열 교환기(220a) 내에서 부가적으로 가열되고, 그러한 지점에서, 유체가 제 2 터빈(516)을 통해서 팽창되어, 샤프트 일을 생성한다. 이러한 샤프트 일을 이용하여, 발전기(266)를 회전시키고, 그러한 발전기는, 일부 실시예에서, 교류 발전기 또는 발전기일 수 있을 것이다. 제 2 터빈(515)을 빠져 나가는 유체가 열 교환기(230)로 진입하여, 열 교환기(220c)와 열 교환기(220a) 사이에서 유체에 대한 전술한 예열을 제공한다.

[0088] 펌프(250)를 빠져 나가는 제 2 스트림이 다른 환열기 또는 열 교환기(518)로 진입하고, 그러한 다른 환열기 또는 열 교환기에서, 제 2 스트림은 열 교환기(220b) 내에서 부가적으로 가열되기에 앞서서, 더 높은 온도의 작동 유체에 의해서 예열된다. 이어서, 유체가 터빈(260)을 통해서 팽창되고, 그러한 팽창은 기계적인 커플링을 통해서 펌프(250)를 회전시키기 위한 샤프트 일을 제공한다. 터빈(260)을 빠져 나가는 유체는, 열 교환기(230)를 빠져 나간 후에, 제 1 스트림과 조합된다. 이러한 조합된 유동은, 열 교환기(518) 내에서 제 2 스트림을 예열하기 위한 열 공급원을 제공한다. 마지막으로, 조합된 스트림이 응축기(240)로 진입하여, 사이클을 완성한다.

[0089] 시스템(600)에 대비한 시스템(514)의 보다 큰 크기로 인해서, 일부 실시예에서는, 시스템(600 및 200) 내의 고압 탱크 대신에, 저온 CO₂ 저장 탱크(272)를 이용하여, 주 시스템의 압력 제어를 위한 유체를 제공한다. 부가적인 유체가 공급 펌프(520)를 경유하여 밸브(522)를 통해서 시스템으로 진입하고 밸브(524)를 통해서 시스템을 빠져 나간다. 밸브(526 및 528)가, 시스템(600) 내의 밸브(506)와 유사하게, 스로틀링, 시스템 제어, 및 비상 차단을 제공한다. 일부 실시예에서, 발전기(266)가 동기식 발전기일 수 있고, 전력망에 대한 직접적인 전력 연결부(530)에 의해서 속력 제어가 제공된다. 또한, 도시된 실시예에서, 구성요소가 이산화탄소 저장 스키드(skid)(532), 프로세스 스키드(534), 및 파워 터빈 스키드(536) 상에 배열되나, 다른 실시예에서, 구현예에 특정되는 고려 사항에 따라서, 구성요소가 임의의 적합한 방식으로 배열될 수 있거나 커플링될 수 있을 것이다.

[0090] 본 개시 내용이 개시 내용의 상이한 특징들, 구조들, 또는 기능들을 구현하기 위한 몇몇 예시적인 실시예를 설명한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 구성요소, 배열, 및 구성의 예시적인 실시예가 본 개시 내용을 단순화하도록 본원에서 설명되었으나, 이러한 예시적인 실시예는 단지 예로서 제공된 것이고 개시 내용의 범위를 제한하기 위한 것은 아니다. 부가적으로, 본 개시 내용은 여러 가지 예시적 실시예에서 그리고 본원에서 제공된 도면에 걸쳐서 참조 번호 및/또는 문자를 반복할 수 있을 것이다. 이러한 반복이 단순함 및 명료함을 위한 것이고 그리고 그것 자체가 여러 도면에서 설명된 여러 가지 예시적인 실시예들 및/또는 구성들 사이의 관계를 나타내는 것은 아니다. 또한, 본 개시 내용에서 제 2 특징부 상에 또는 그 위에 제 1 특징부를 형성하는 것은, 제 1 특징부 및 제 2 특징부가 직접적으로 접촉되어 형성되는 실시예들을 포함할 수 있을 것이고, 또한 제 1 특징부 및 제 2 특징부가 직접적으로 접촉하지 않을 수 있도록 부가적인 특징부가 제 1 특징부와 제 2 특징부 사이에 형성될 수 있는 실시예를 포함할 수 있을 것이다. 마지막으로, 본원에서 설명된 예시적인 실시예가 임의의 조합 방식으로 조합될 수 있을 것이고, 다시 말해서, 개시 내용의 범위로부터 벗어나지 않고도, 하나의 예시적인 실시예로부터의 임의의 요소가 임의의 다른 예시적인 실시예에서 이용될 수 있을 것이다.

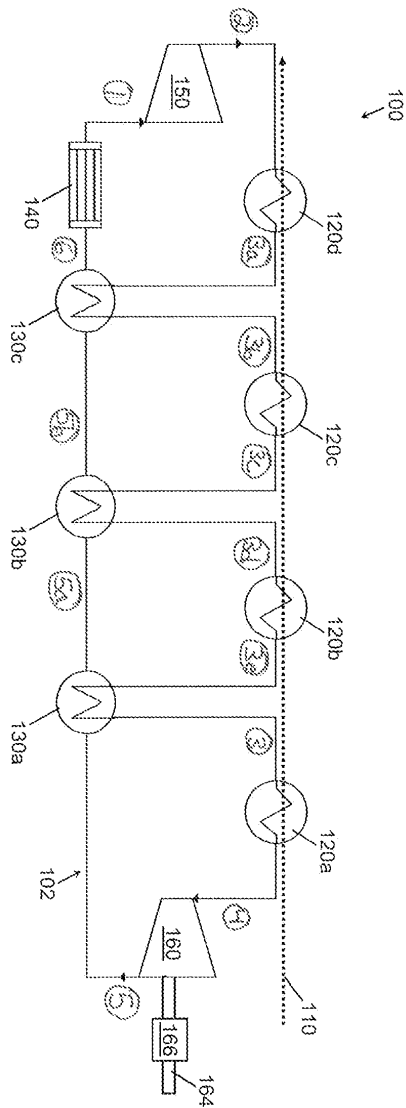
[0091] 부가적으로, 특별한 구성요소를 지칭하기 위해서 특정 용어를, 기술된 설명 및 청구항 전반을 통해서 사용하고 있다. 당업자가 이해할 수 있는 바와 같이, 여러 가지 엔티티(entity)가 상이한 명칭으로 동일한 구성요소를 지칭할 수 있을 것이고, 그에 따라, 본원에서 달리 구체적으로 규정하지 않는 한, 본원에서 설명된 요소에 대한 명명 규정은 개시 내용의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 또한, 본원에서 이용된 명명 규정은, 명칭이 상이하나 기능은 상이하지 않은 구성요소들을 구분하기 위한 것은 아니다. 또한, 기술된 설명 및 청구항에서, "포함하는", "수용하는", "가지는"이라는 용어는 개방형(open-ended fashion)으로 사용된 것이고, 그에 따라 "포함하나 그러한 것으로 제한되지 않는" 것을 의미하는 것으로 해석되어야 할 것이다. 달리 구체적으로 기술하지 않는 한, 이러한 개시 내용의 모든 수치 값이 정확한 값 또는 대략적인 값일 수 있을 것이다. 따라서, 개시 내용의 여러 가지 실시예가, 의도된 범위로부터 벗어나지 않으면서도, 본원에서 개시된 숫자, 값, 및 범위로부터 이탈될 수 있을 것이다. 또한, 청구항 또는 명세서에서 사용된 바와 같이 "또는"이라는 용어는 배타적인 경우 및 포괄적인 경우 모두를 포함하기 위한 것이고, 다시 말해서, 본원에서 달리 명시적으로 특정되지 않는 한, "A 또는 B"는 "A 및 B 중 적어도 하나"와 동의어가 될 것이다.

[0092] 당업자가 본 개시 내용을 보다 잘 이해할 수 있도록, 전술한 내용에서는 몇몇 실시예의 특징을 개략적으로 설명

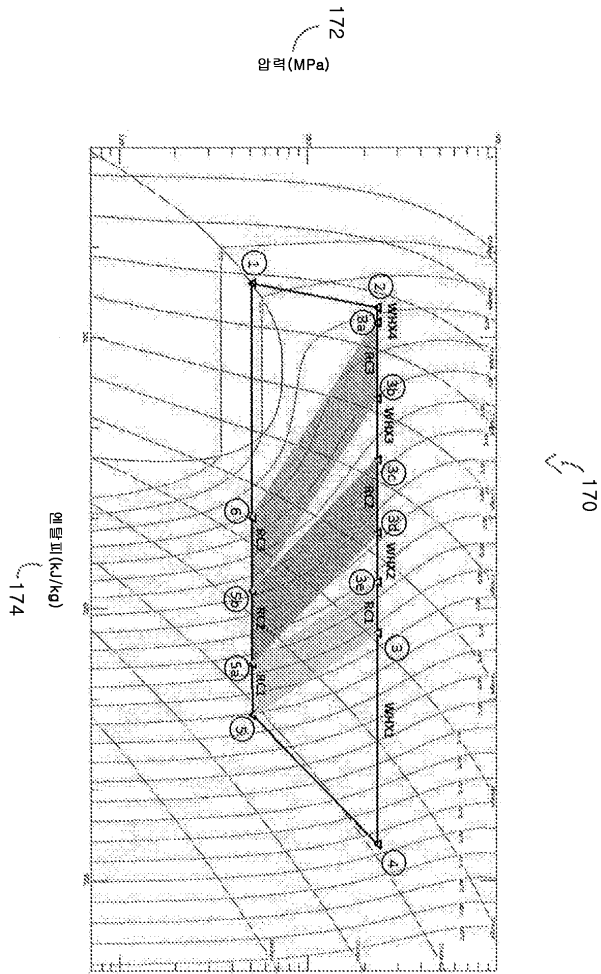
하였다. 당업자들이 본원에서 소개된 실시예와 동일한 목적을 달성하고 및/또는 동일한 장점을 성취하기 위해서 다른 프로세스 및 구조를 설계 또는 수정하기 위한 기본으로서 본 개시 내용을 용이하게 이용할 수 있다는 것을, 당업자는 이해하여야 할 것이다. 또한, 당업자는, 그러한 균등한 구성이 본원 개시 내용의 사상 및 범위를 벗어나지 않는다는 것, 그리고 본원 개시 내용의 사상 및 범위를 벗어나지 않고도 당업자가 여러 가지 변화, 치환, 대안을 안출할 수 있다는 것을 이해하여야 할 것이다.

도면

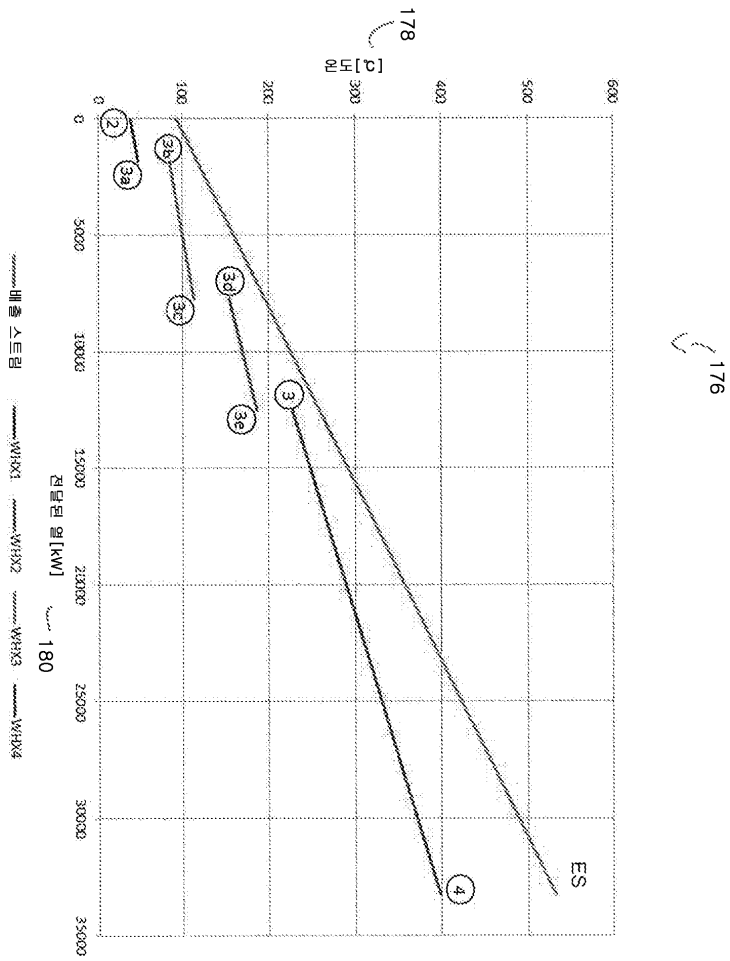
도면1



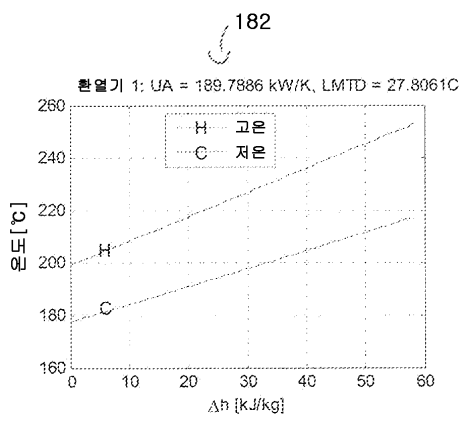
도면2



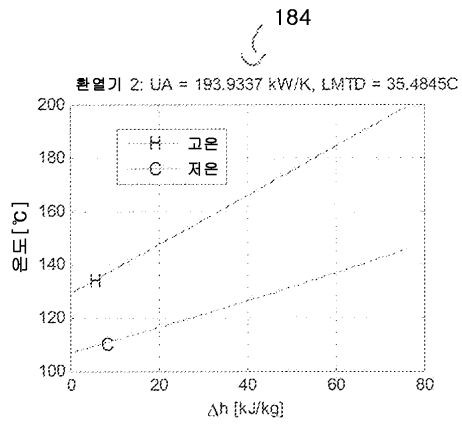
도면3



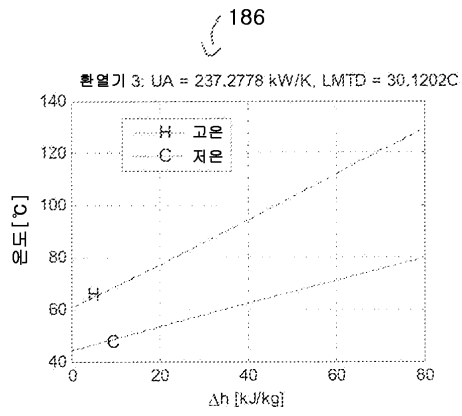
도면4a



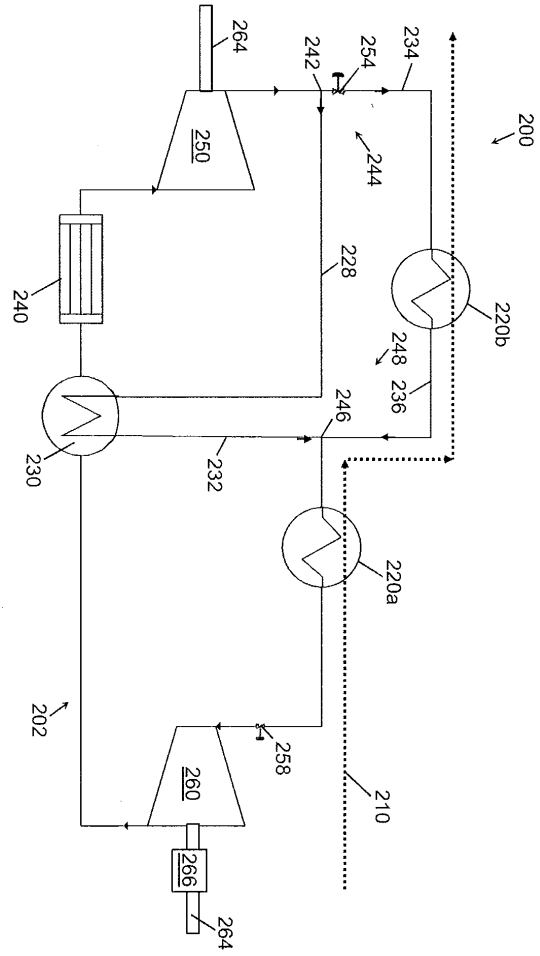
도면4b



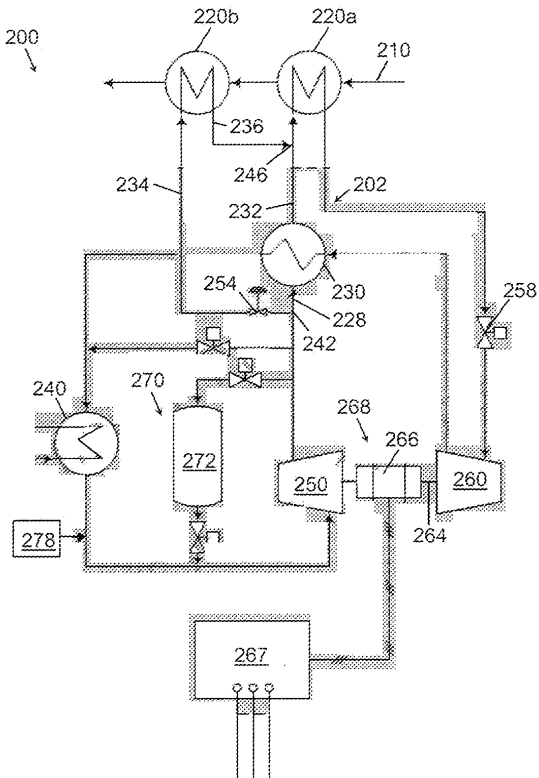
도면4c



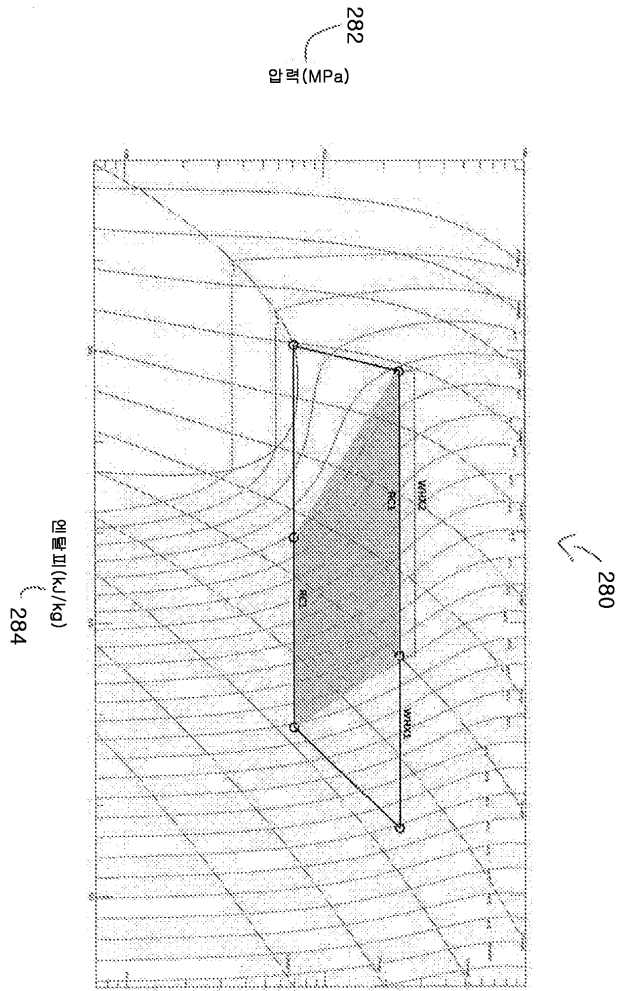
도면5



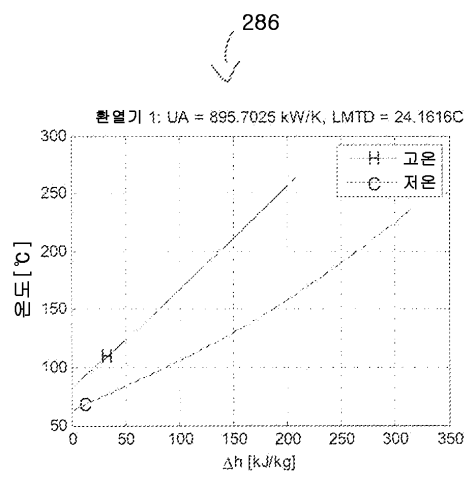
도면6



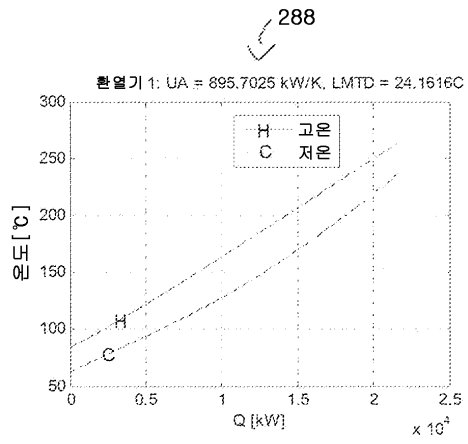
도면7



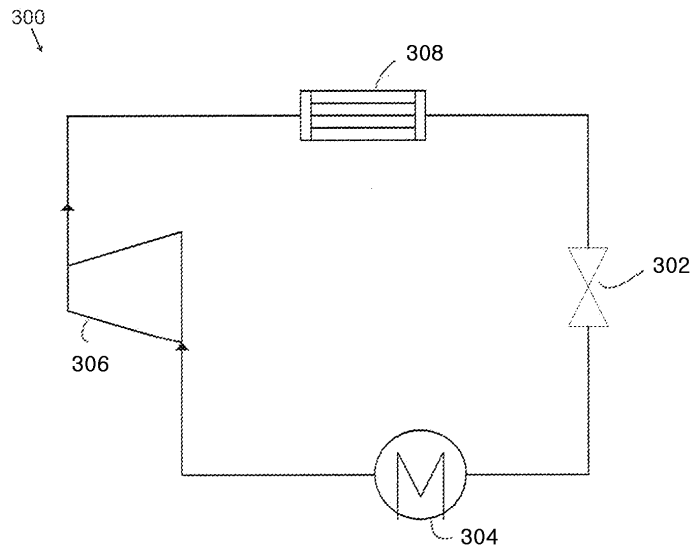
도면8a



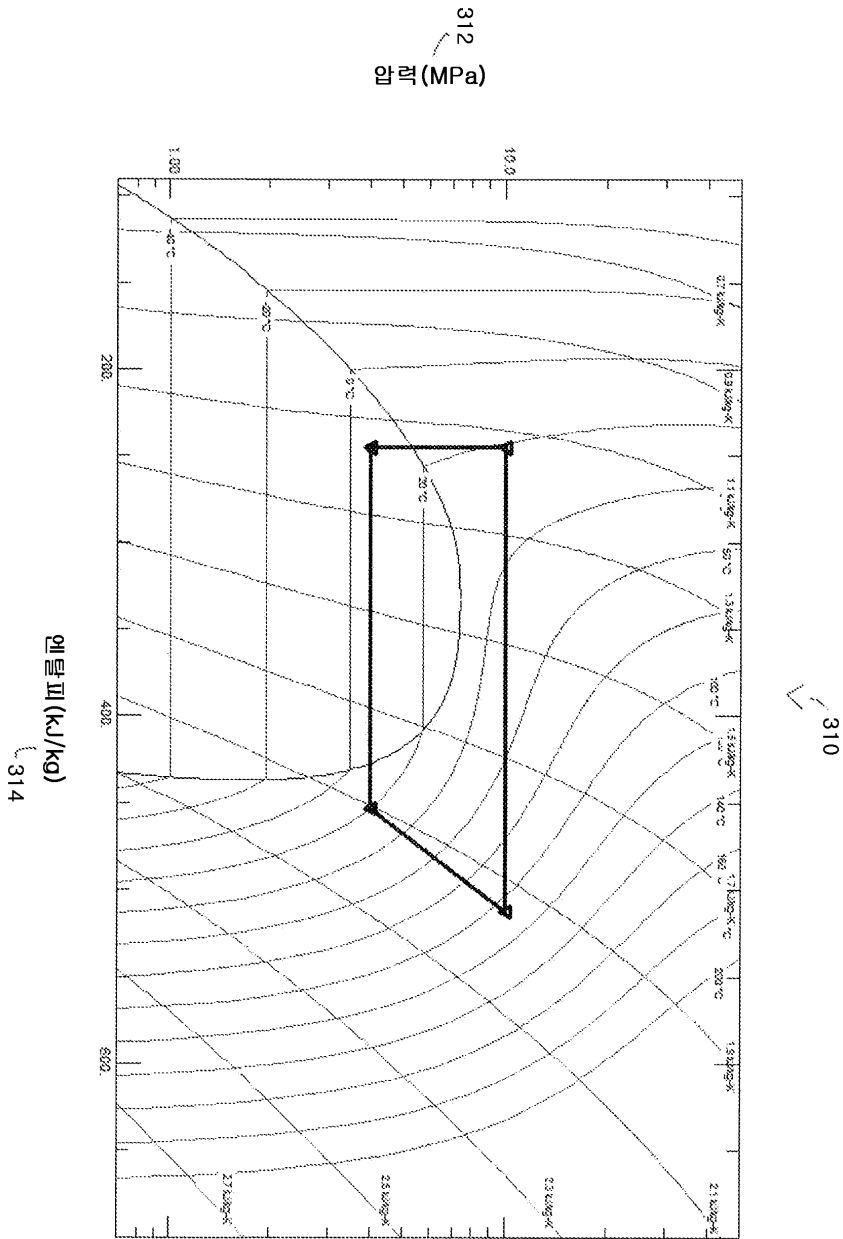
도면8b



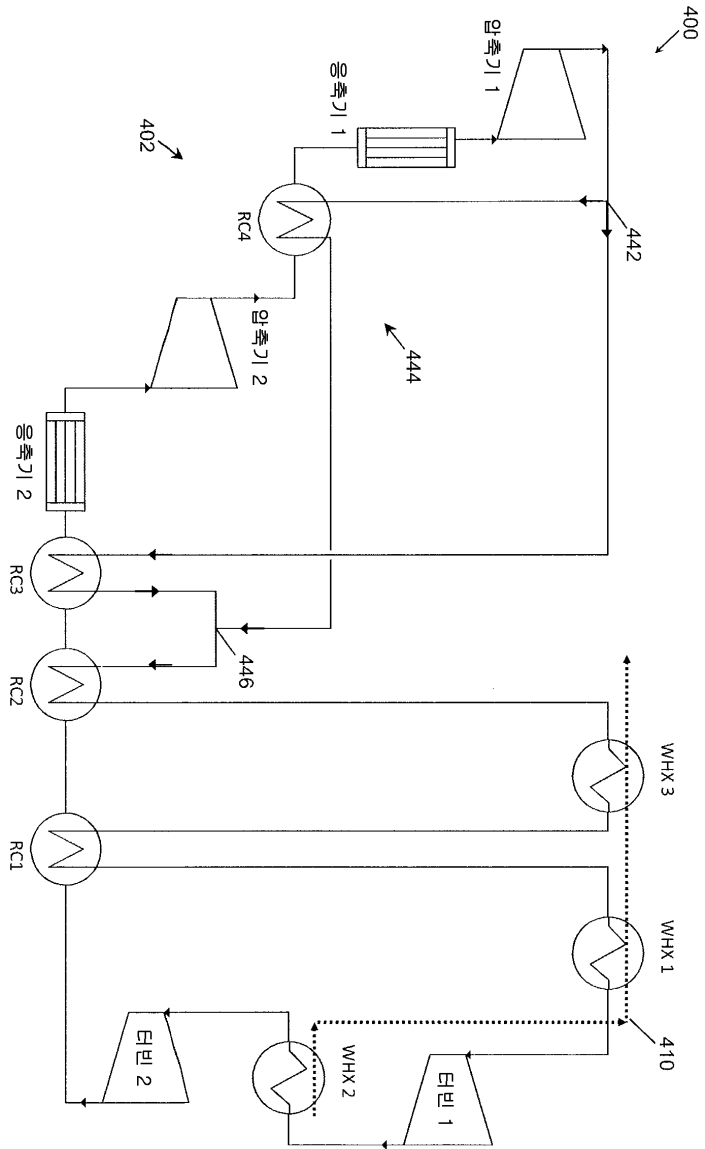
도면9



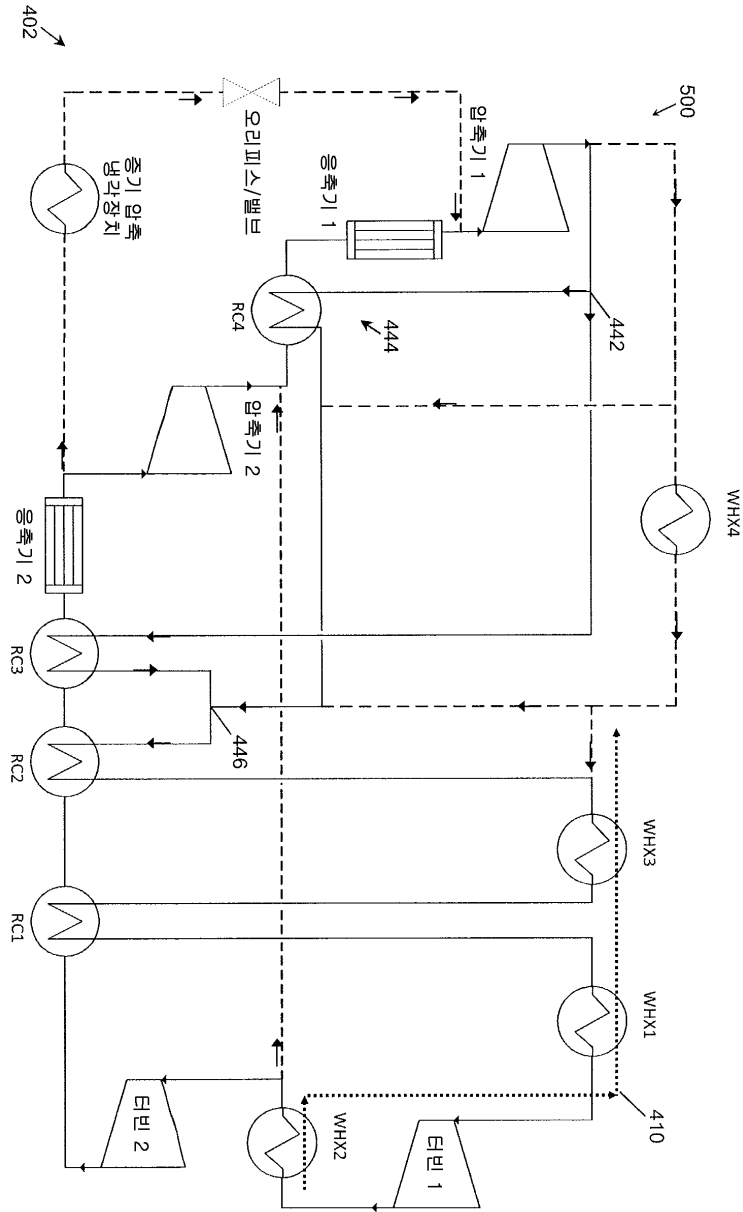
도면10



도면11



도면12



도면14

