



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월22일
(11) 등록번호 10-1825395
(24) 등록일자 2018년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 23/10 (2006.01) F02C 1/00 (2006.01)
F02C 3/00 (2006.01) F02C 6/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7009526
(22) 출원일자(국제) 2011년09월20일
심사청구일자 2016년08월23일
(85) 번역문제출일자 2013년04월15일
(65) 공개번호 10-2013-0099967
(43) 공개일자 2013년09월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/052342
(87) 국제공개번호 WO 2012/040195
국제공개일자 2012년03월29일
(30) 우선권주장
61/385,042 2010년09월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20040128975 A1*
JP60040733 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
팔머 램스, 엘엘씨
미국 27701 노스캐롤라이나주 더럼 406 블랙웰 스트리트 4층
8 리버스 캐피탈, 엘엘씨
미국 27701 노스캐롤라이나주 더럼 406 블랙웰 스트리트 4층
(72) 발명자
팔머, 마일스 알.
미국 27516 노스캐롤라이나주 채플 힐 호건 우즈 씨클 203
알람, 로드니 존
영국 에스엔14 6엘와이 치폰햄 윌트셔 랜힐 랜힐 하우스
페트베트, 제레미 에론
미국 27612 노스캐롤라이나주 롤리 던디 플레이스 4805
(74) 대리인
박영우

전체 청구항 수 : 총 48 항

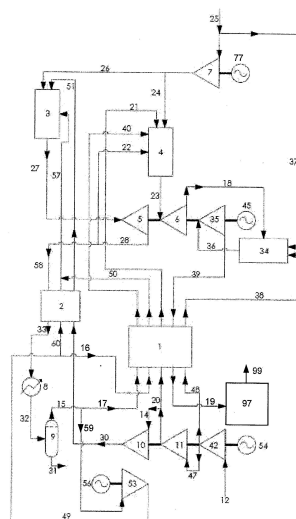
심사관 : 박종오

(54) 발명의 명칭 질소 가스 작동 유체를 사용하는 효율적인 전력 생산 시스템 및 방법

(57) 요약

작동 유체로서 CO₂ 및 H₂O 연소 생성물들과 혼합된 대부분의 N₂로 고압/저압 비율의 브레이턴 동력 사이클(Brayton Power cycle)을 이용하여 전력을 생산하는 방법이 제공된다. 상기 고압은 80bar 내지 500bar의 범위가 될 수 있다. 상기 압력 비율은 1.5 내지 10의 범위가 될 수 있다. 상기 천연 가스는 제1 고압 연소기 내에서 가압되고 예열된 공기의 거의 화학량론적인 양으로 연소될 수 있고, 상기 순 연소 가스는 가열된 높은 압력의 재순환 N₂+CO₂+H₂O 흐름과 혼합될 수 있으며, 이는 상기 혼합된 가스 온도를 축 동력을 생성하는 제1 동력 터빈에 대한 최대 유입구 온도를 위해 요구되는 값으로 조절한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

제1 재순환 흐름의 존재에서 제1 연료 흐름과 제1 공기 흐름을 연소시켜 제1 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제1 연소기를 포함하고;

상기 제1 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제1 터빈을 포함하며;

상기 제1 터빈으로부터의 제1 배출 흐름의 적어도 일부를 수용하도록 구성되는 제1 열 교환기를 포함하고,

상기 제1 열 교환기는 상기 제1 배출 흐름의 일부가 상기 제1 공기 흐름 및 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 제1 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하게 적용시키도록 구성되며;

상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시켜 제2 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제2 연소기를 포함하고;

상기 제2 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제2 터빈을 포함하며;

상기 제2 공기 흐름 및 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 구성되는 제2 열 교환기를 포함하고,

상기 제1 터빈은 상기 제1 열교환기의 이전에 위치하며, 상기 제1 열 교환기는 상기 제2 터빈의 이전에 위치하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제2 터빈으로부터의 제2 배출 흐름이 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하게 적용시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 제2 터빈으로부터 수용되는 제2 배출 흐름의 존재에서 제3 연료 흐름과 제3 공기 흐름을 연소시켜 제3 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제3 연소기; 및

상기 제3 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제3 터빈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제3 터빈으로부터의 제3 배출 흐름이 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하게 적용시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제3 공기 흐름을 가열하도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 제1 재순환 흐름을 압축하도록 구성되는 재순환 압축기를 더 포함하는 것을 특징으로

하는 전력 생산 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제1 배출 흐름의 제2 부분은 상기 제2 연소기로 안내되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로부터 냉각된 배출 흐름을 수용하도록 구성되는 스크러버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 스크러버는 CO₂ 흡착 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 공급 공기 흐름을 압축시켜 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름을 생성하도록 구성되는 공기 압축기 시스템을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 공기 압축기 시스템은, 상기 제1 공기 흐름을 압축시키도록 구성되는 제1 공기 압축기 및 상기 제2 공기 흐름을 압축시키도록 구성되는 제2 공기 압축기를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 제2 공기 압축기는 상기 제1 공기 압축기가 상기 제1 공기 흐름을 압축하기 전에 상기 제1 공기 흐름을 압축시키도록 더 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 15

제 13 항에 있어서, 상기 공기 압축기 시스템은 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하여 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내에서 실질적으로 화학량론적인 연소(stoichiometric combustion)를 야기하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 공기 압축기 시스템은 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하여 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내에서의 연소 내에 5%까지의 과잉 O₂를 야기하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 제1 연료 흐름과 상기 제2 연료 흐름은 압축된 탄화수소 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 압축된 탄화수소 가스는 메탄을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 19

제 1 항에 있어서, 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름은 압축된 주위 공기를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 20

제 1 항에 있어서, 상기 제1 재순환 흐름과 상기 제2 재순환 흐름은 물 기준으로 50% N_2 보다 큰 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 21

제 1 항에 있어서, 상기 제1 열 교환기를 통해 안내되는 상기 제1 배출 흐름의 일부로부터의 액체상의 흐름을 제거하도록 구성되는 분리기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 22

제 1 항에 있어서, 상기 전력 생산 시스템은 1,300℃ 내지 1,500℃의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율(net electrical generation efficiency)로 동작하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 23

제1 연소 흐름을 생성하도록 제1 재순환 흐름의 존재에서 제1 연소기 내에서 제1 연료 흐름과 제1 공기 흐름을 연소시키는 단계를 포함하고;

제1 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 제1 터빈 내에서 상기 제1 연소 흐름을 팽창시키는 단계를 포함하며;

제1 배출 흐름의 적어도 일부를 상기 제1 터빈으로부터 제1 열 교환기로 안내하는 단계를 포함하고, 상기 제1 터빈은 상기 제1 열교환기의 이전에 위치하며;

상기 제1 공기 흐름과 상기 제1 열 교환기로 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 제1 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 제1 배출 흐름의 일부를 적용시키는 단계를 포함하고;

제2 연소 흐름을 생성하도록 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연소기 내에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시키는 단계를 포함하며;

제2 터빈을 회전시켜 동력을 생성하도록 상기 제2 터빈 내에서 상기 제2 연소 흐름을 팽창시키는 단계를 포함하고, 상기 제1 열 교환기는 상기 제2 터빈의 이전에 위치하고;

상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 제2 열 교환기로 안내하는 단계를 포함하며;

상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 상기 제2 열 교환기로 가열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계는 상기 공기 흐름과 상기 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제2 터빈으로부터 제2 배출 흐름을 적용시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 25

제 23 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 제3 연소 흐름을 생성하도록 상기 제2 터빈으로부터 수용되는 제2 배출 흐름의 존재에서 제3 연소기 내에서 제3 연료 흐름과 제3 공기 흐름을 연소시키는 단계; 및

제3 터빈을 회전시켜 동력을 생성하도록 상기 제3 터빈 내에서 상기 제3 연소 흐름을 팽창시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계는 상기

제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제3 터빈으로부터 제3 배출 흐름을 적용시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제3 공기 흐름을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 29

제 27 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 30

제 23 항에 있어서, 재순환 압축기로 상기 제1 재순환 흐름을 압축시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 31

제 23 항에 있어서, 상기 제1 배출 흐름의 제2 부분을 상기 제2 연소기로 안내하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 32

제 23 항에 있어서, 상기 제2 열 교환기로부터 냉각된 배출 흐름을 스크러버로 안내하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 33

제 32 항에 있어서, 상기 스크러버는 CO₂ 흡착 시스템인 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 34

제 23 항에 있어서, 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름을 생성하도록 공급 공기 흐름을 공기 압축기 시스템으로 압축시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 35

제 34 항에 있어서, 상기 공급 공기 흐름을 상기 공기 압축기 시스템으로 압축시키는 단계는 상기 제1 공기 흐름을 제1 공기 압축기로 압축시키는 단계 및 상기 제2 공기 흐름을 제2 공기 압축기로 압축시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 36

제 35 항에 있어서, 상기 공급 공기 흐름을 상기 공기 압축기 시스템으로 압축시키는 단계는 상기 제1 공기 흐름을 상기 제1 공기 압축기로 압축시키기 전에 상기 제2 공기 압축기로 상기 제1 공기 흐름을 압축시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 37

제 35 항에 있어서, 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내에서 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 상기 공기 압축기 시스템으로 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 38

제 37 항에 있어서, 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내의 연소에서 5%까지의 과잉 O₂를 야기하도록 상기 공기 압축기 시스템으로 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 39

제 23 항에 있어서, 상기 제1 연료 흐름과 상기 제2 연료 흐름은 압축된 탄화수소 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 40

제 39 항에 있어서, 상기 압축된 탄화수소 가스는 메탄을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 41

제 23 항에 있어서, 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름은 압축된 주위 공기를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 42

제 23 항에 있어서, 상기 제1 재순환 흐름과 상기 제2 재순환 흐름은 물 기준으로 50% N_2 보다 큰 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 43

제 23 항에 있어서, 분리기로 상기 제1 열 교환기를 통해 안내되는 상기 제1 배출 흐름의 일부로부터 액체상의 흐름을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 44

제 23 항에 있어서, 1,300℃ 내지 1,500℃의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 약 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율에서 동력이 생성되는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 45

공기 흐름을 공급하도록 구성되는 공기 공급기;

연료 흐름을 공급하도록 구성되는 연료 공급기;

재순환 흐름의 존재에서 상기 연료 흐름과 상기 공기 흐름을 연소시켜 물 기준으로 50% N_2 보다 큰 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 연소기를 포함하며,

상기 공기 공급기와 상기 연료 공급기는 상기 공기 흐름과 상기 연료 흐름을 5%까지의 과잉 O_2 를 갖는 상기 연소기 내의 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 구성되는 비율로 공급하도록 구성되고,

상기 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 터빈; 및

상기 터빈으로부터 배출 흐름의 적어도 일부를 수용하도록 구성되는 열 교환기를 포함하며,

상기 열 교환기는 상기 공기 흐름과 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 배출 흐름의 일부를 적용시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 46

제 45 항에 있어서, 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시켜 제2 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제2 연소기;

상기 제2 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제2 터빈; 및

상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 구성되는 제2 열 교환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 생산 시스템.

청구항 47

물 기준으로 50% N_2 보다 큰 연소 흐름을 생성하도록 연소기 내에서 연료 흐름과 공기 흐름을 연소시키는 단계를

포함하며,

상기 공기 흐름에 대한 상기 연료 흐름의 비율은 5%까지의 과잉 O_2 를 갖는 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 조절되고,

터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 터빈 내에서 상기 연소 흐름을 팽창시키는 단계;

배출 흐름의 적어도 일부를 상기 터빈으로부터 열 교환기로 안내하는 단계; 및

상기 공기 흐름과 상기 열 교환기로 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 배출 흐름의 일부를 적용시키는 단계를 포함하는 전력을 생산하는 방법.

청구항 48

제 47 항에 있어서,

제2 연소 흐름을 생성하도록 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연소기 내에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시키는 단계;

제2 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 제2 터빈 내에서 상기 제2 연소 흐름을 팽창시키는 단계;

상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 제2 열 교환기로 안내하는 단계; 및

상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력을 생산하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공기 중에서 연료와 함께 N_2 작동 유체를 사용하여 전력을 생산하는 고효율의 방법들을 제공한다.

배경 기술

[0002] 세계적으로 에너지에 대한 요구들이 증가하면서, 추가적인 동력 생산 공정들을 위한 요구도 증가하고 있다. 천연 가스 연료나 증류 탄화수로 연료를 사용하는 현재의 높은 효율의 발전 방법은 브레이턴 사이클(Brayton Cycle) 가스 터빈과 랭킨 사이클(Rankine cycle) 스팀 터빈을 포함하는 천연 가스 복합 사이클(the natural gas combined cycle: NGCC) 시스템이다. 상업적으로 유용한 가장 큰 가스 터빈들은 국제 표준화 기구(International Organization for Standardization: ISO) 조건들에서 약 56% 내지 약 60% 범위의 발열량(lower heating value) 효율들을 갖는 상기 천연 가스 복합 사이클(NGCC) 시스템으로부터 약 450MW(메가와트) 내지 약 550MW 범위의 동력 출력을 가질 수 있다. 석탄 연소 보일러와 스팀 발전기를 채용하는 현재의 단일 트레인 유닛(train unit)들은 현재의 가장 우수한 보일러 설계들과 물질들로 가장 높게 구현 가능한 스팀 조건들을 기준으로 약 45%까지의 순 전기 효율들을 제공하는 1,000MW 이상의 동력 출력들을 가질 수 있는 점에서 이용 가능하다. 단일 스팀 터빈들을 갖는 원자로는 1,000MW 이상의 동력 출력들에서 이용 가능하다.

[0003] 전술한 바에 추가적으로, 미국 특허 공개 제2011/0179799에는 고농도의 산소 분위기의 존재에서 탄소질 또는 탄화수소 연료를 사용하고 이에 따라 매우 순수한 산소 공급원의 설비를 요구하는 고압/저압 비율의 동력 사이클이 개시되어 있다. 상기 연소 생성물들은 열 교환기 내의 터빈 배기 흐름에 대해 가열된 고온, 고압 및 극히 정제된 CO_2 흐름의 재순환에 의해 냉각된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 앞에서 볼 수 있는 바와 같이, 해당 기술 분야의 현재와 최근의 기술은 다중 사이클들 및/또는 연소를 위해 극히 정제된 물질들의 설비를 요구할 수 있다. 이에 따라, 500MW 또는 심지어는 그 이상까지의 단일 트레인으로부터 동력 출력들을 제공할 수 있는 공기 중에서 연소되는 천연 가스 또는 증류된 연료들을 사용하는 동력 시스템들에 대한 필요성이 있다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 명세서에서 설명하는 전력 생산을 위한 시스템들과 방법들은 높은 효율의 전력 생산을 제공하기 위해 매우 유용하며 하나 또는 그 이상의 다음과 같은 특징들을 나타낼 수 있다.
- [0006] 개시된 시스템들과 방법들은 종래의 천연 가스 복합 사이클(NGCC) 시스템 보다 낮은 최대 터빈 온도로 종래의 NGCC 시스템에 필적하는 효율을 구현할 수 있다.
- [0007] 개시된 시스템과 방법들은 종래의 NGCC 시스템과 동등한 터빈 온도로, 종래의 NGCC 시스템 보다 높은 효율을 구현할 수 있다.
- [0008] 개시된 시스템과 방법들은 종래의 NGCC 시스템 보다 현저하게 낮은 자본 비용을 가질 수 있다.
- [0009] 개시된 시스템과 방법들은 단일 작동 유체를 이용할 수 있다.
- [0010] 개시된 시스템과 방법들은 터빈(들)을 구동시키는 스팀 시스템 이외의 수단을 활용할 수 있다.
- [0011] 개시된 시스템과 방법들은 NGCC 시스템에 비해 현저하게 보다 간결해질 수 있다.
- [0012] 개시된 시스템과 방법들은 NGCC 배출 내의 대략 3% 보다 상당히 높은 배기 가스 내의 CO₂의 농도를 가질 수 있으므로 적절한 제거 시스템을 이용하여 CO₂가 보다 용이하게 포집될 수 있다.
- [0013] 개시된 시스템과 방법들은 높은 순도의 산소를 요구하기 보다는 낮은 비용의 산화제 공급원으로서 공기를 활용할 수 있다.
- [0014] 개시된 시스템과 방법들은 과잉의 불활성 기체들의 생성을 야기할 수 있는 거의 화학량론적인 연소(stoichiometric combustion) 조건들을 제공할 수 있으며, 이들은 대기로 배출될 수 있다.
- [0015] 개시된 시스템과 방법들은 하나 또는 그 이상의 터빈들을 가로질러 흐름을 팽창시킴에 의해 전력 생산에서 불활성 기체들을 포함하는 높은 압력의 흐름을 활용할 수 있다.
- [0016] 개시된 시스템과 방법들은 화석 연료가 충분한 고압/저압 비율을 갖는 폐쇄 사이클 내의 거의 화학량론적인 조건들 하에서 공기 내의 높은 압력에서 연소될 수 있는 전력 생산 공정을 동작시키는 방법을 제공할 수 있으므로, 상기 연소기 내의 산소의 연소 후에 남는 가압된 과잉의 불활성 기체들이 추가적인 동력의 최대의 생성으로 대기 압력까지 팽창할 수 있다.
- [0017] 상술한 바에 더하여, 일 실시예에 있어서, 본 발명은 전력 생산 시스템을 제공한다. 상기 전력 생산 시스템은, 제1 재순환 흐름의 존재에서 제1 연료 흐름과 제1 공기 흐름을 연소시켜 제1 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제1 연소기, 상기 제1 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제1 터빈, 그리고 상기 제1 터빈으로부터 제1 배출 흐름의 적어도 일부를 수용하도록 구성되는 제1 열 교환기를 포함할 수 있다. 상기 제1 열 교환기는 상기 제1 공기 흐름과 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 제1 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하게 상기 제1 배출 흐름을 적용시키도록 구성될 수 있다. 상기 전력 생산 시스템은 또한 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시켜 제2 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제2 연소기, 상기 제2 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제2 터빈, 그리고 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 구성되는 제2 열 교환기를 포함할 수 있다.
- [0018] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제2 열 교환기는 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제2 터빈으로부터의 제2 배출 흐름을 적용시키도록 구성될 수 있다. 상기 제2 열 교환기는 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하도록 더 구성될 수 있다. 상기 전력 생산 시스템은 상기 제2 터빈으로부터 수용되는 제2 배출 흐름의 존재에서 제3 연료 흐름과 제3 공기 흐름을 연소시켜 제3 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 제3 연소기, 그리고 상기 제3 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제3 터빈을 더 포함할 수 있다. 상기 제2 열 교환기는 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제3 터빈으로부터의 제3 배출 흐름을 적용시키도록 구성될 수 있다. 상기 제2 열 교환기는 상기 제3 공기 흐름을 가열하도록 더 구성될 수 있다. 상기 제2 열 교환기는 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하도록 더 구성될 수 있다.
- [0019] 일부 실시예들에 있어서, 재순환 압축기는 상기 제1 재순환 흐름을 압축시키도록 구성될 수 있다. 상기 제1 배출 흐름의 제2 부분은 상기 제2 연소기로 안내될 수 있다. 상기 전력 생산 시스템은 상기 제2 열 교환기로부터 냉각된 배출 흐름을 수용하도록 구성되는 스크러버(scrubber)를 더 포함할 수 있다. 상기 스크러버는 CO₂ 흡착

시스템을 더 포함할 수 있다.

[0020] 일부 실시예들에 있어서, 상기 전력 생산 시스템은 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름을 생성하도록 공급 공기 흐름을 압축시키도록 구성되는 공기 압축기 시스템을 더 포함할 수 있다. 상기 공기 압축기 시스템은 상기 제1 고기 흐름을 압축시키도록 구성되는 제1 공기 압축기와 상기 제2 공기 흐름을 압축시키도록 구성되는 제2 공기 압축기를 포함할 수 있다. 상기 제2 공기 압축기는 상기 제1 공기 압축기가 상기 제1 공기 흐름을 압축하기 전에 상기 제1 공기 흐름을 압축시키도록 더 구성될 수 있다. 상기 공기 압축기 시스템은 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내에 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 상기 공기 압축기 시스템은 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내의 연소 내에서 약 5%까지의 과잉 O_2 를 야기하도록 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하도록 구성될 수 있다.

[0021] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 연료 흐름과 상기 제1 연료 흐름은 압축된 탄화수소 가스를 포함할 수 있다. 상기 압축된 탄화수소 가스는 메탄을 포함할 수 있다. 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름은 압축된 주위 공기를 포함할 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름과 상기 제2 재순환 흐름은 몰 기준으로 50% N_2 보다 클 수 있다. 상기 전력 생산 시스템은 상기 제1 열 교환기를 통해 안내되는 상기 제1 배출 흐름의 일부로부터 액체상의 흐름을 제거하도록 구성되는 분리기를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 전력 생산 시스템은 약 $1,300^{\circ}C$ 내지 약 $1,500^{\circ}C$ 의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율로 동작하도록 구성될 수 있다.

[0022] 다른 실시예에 있어서, 전력을 생산하는 방법이 제공된다. 상기 방법은, 제1 연소 흐름을 생성하도록 제1 재순환 흐름의 존재에서 제1 연소기 내에서 제1 연료 흐름과 제1 공기 흐름을 연소시키는 단계, 상기 제1 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 제1 터빈 내에서 상기 제1 연소 흐름을 팽창시키는 단계, 상기 제1 터빈으로부터 제1 열 교환기까지 제1 배출 흐름의 적어도 일부를 안내하는 단계, 그리고 상기 제1 공기 흐름과 상기 제1 열 교환기로 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 제1 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 제1 배출 흐름의 일부를 적용시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은, 제1 연소 흐름을 생성하도록 상기 제1 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연소기 내에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시키는 단계, 상기 제2 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 제2 터빈 내에서 상기 제2 연소 흐름을 팽창시키는 단계, 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 안내하는 단계, 그리고 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계는 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제2 터빈으로부터의 제2 배출 흐름을 적용시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 제2 열 교환기로 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한, 제3 연소 흐름을 생성하도록 상기 제2 터빈으로부터 수용되는 제2 배출 흐름의 존재에서 제3 연소기 내에서 제3 연료 흐름과 제3 공기 흐름을 연소시키는 단계, 그리고 제3 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 제3 터빈 내에서 상기 제3 연소 흐름을 팽창시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계는 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 상기 제3 터빈으로부터의 제3 배출 흐름을 적용시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 제2 열 교환기로 상기 제3 공기 흐름을 가열하는 단계를 추가적으로 포함할 수 있다. 또한, 상기 방법은 상기 제2 열 교환기로 상기 제1 재순환 흐름의 제2 부분을 가열하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 상기 제1 재순환 흐름을 재순환 압축기로 압축하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한 상기 제1 배출 흐름의 제2 부분을 상기 제2 연소기로 안내하는 단계를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 방법은 상기 제2 열 교환기로부터 냉각된 배출 흐름을 스크러버로 안내하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 스크러버는 CO_2 흡착 시스템을 포함할 수 있다.

[0025] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 상기 제1 공기 흐름과 상기 제2 공기 흐름을 생성하도록 공기 압축기 시스템으로 공급 공기(feed air)를 압축시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 공기 압축기 시스템으로 상기 공급 공기를 압축시키는 단계는 제1 공기 압축기로 상기 제1 공기 흐름을 압축시키는 단계 및 제2 공기 압축기로 상기 제2 공기 흐름을 압축시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 공기 압축기 시스템으로 상기 공급 공기를 압축시키는 단계는 상기 제1 공기 압축기로 상기 제1 공기 흐름을 압축시키기 전에 상기 제2 공기 압축기로 상기 제

1 공기 흐름을 압축시키는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 상기 방법은 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내에서 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 방법은 상기 제1 연소기와 상기 제2 연소기 내의 연소에서 약 5%까지의 과잉 O_2 를 야기하도록 상기 제1 공기 흐름의 유량과 상기 제2 공기 흐름의 유량을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 연료 흐름과 상기 제2 연료 흐름은 압축된 탄화수소 가스를 포함할 수 있다. 상기 압축된 탄화수소 가스는 메탄을 포함할 수 있다. 상기 제1 연료 흐름과 상기 제2 연료 흐름은 압축된 주위 공기를 포함할 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름과 상기 제2 재순환 흐름은 물 기준으로 50% N_2 보다 클 수 있다. 상기 방법은 또한 분리기로 상기 제1 열 교환기를 통해 안내되는 상기 제1 배출 흐름의 일부로부터 액체상의 흐름을 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 동력은 약 1,300°C 내지 약 1,500°C 정도의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 약 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 효율에서 생성될 수 있다.

[0027] 전력 생산 시스템의 추가적인 실시예가 제공된다. 상기 전력 생산 시스템은 공기 흐름을 공급하도록 구성되는 공기 공급기, 연료 흐름을 공급하도록 구성되는 연료 공급기, 그리고 재순환 흐름의 존재에서 상기 연료 흐름과 상기 공기 흐름을 연소시켜 물 기준으로 50% N_2 보다 큰 연소 흐름을 생성하도록 구성되는 연소기를 포함할 수 있다. 상기 공기 공급기와 상기 연료 공급기는 상기 공기 흐름과 상기 연료 흐름을 약 5%까지의 과잉 O_2 를 갖는 상기 연소기 내의 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 구성되는 비율로 공급하도록 구성될 수 있다. 상기 전력 생산 시스템은 상기 연소 흐름을 팽창시키도록 구성되는 터빈과 상기 터빈으로부터의 배출 흐름의 적어도 일부를 수용하도록 구성되는 열 교환기를 더 포함할 수 있다. 상기 열 교환기는 상기 공기 흐름과 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 배출 흐름의 일부를 적용시키도록 구성될 수 있다.

[0028] 일부 실시예들에 있어서, 상기 전력 생산 시스템은, 제2 연료 흐름을 생성하도록 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시키도록 구성되는 제2 연소기, 상기 제2 연료 흐름을 팽창시키도록 구성되는 제2 터빈, 그리고 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하도록 구성되는 제2 열 교환기를 더 포함할 수 있다.

[0029] 전력을 생산하기 위한 방법의 추가적인 실시예가 제공된다. 상기 방법은 물 기준으로 50% N_2 보다 큰 연소 흐름을 생성하도록 재순환 흐름의 존재에서 연소기 내에서 연료 흐름과 공기 흐름을 연소시키는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 공기 흐름에 대한 상기 연료 흐름의 비율은 약 5%까지의 과잉 O_2 를 갖는 실질적으로 화학량론적인 연소를 야기하도록 조절된다. 상기 방법은, 터빈을 회전시키고 동력을 생성하도록 상기 터빈 내에서 상기 연료 흐름을 팽창시키는 단계, 상기 터빈으로부터의 배출 흐름의 적어도 일부를 열 교환기로 안내하는 단계, 그리고 상기 공기 흐름과 상기 열 교환기로 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 상기 재순환 흐름의 적어도 일부를 가열하도록 상기 배출 흐름의 일부를 적용시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0030] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 제2 연료 흐름을 생성하도록 상기 배출 흐름으로부터 생성되는 제2 재순환 흐름의 존재에서 제2 연소기 내에서 제2 연료 흐름과 제2 공기 흐름을 연소시키는 단계, 제2 터빈을 회전시켜 동력을 생성하도록 상기 제2 터빈 내에서 상기 제2 연료 흐름을 팽창시키는 단계, 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 제2 열 교환기로 안내하는 단계, 그리고 상기 제2 열 교환기로 상기 제2 공기 흐름과 상기 제2 재순환 흐름을 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 본 발명의 실시예들을 이해하는 데 도움이 되도록 반드시 일정한 비율로 도시되지는 않은 첨부된 도면들을 참조할 것이다. 상기 도면들은 단지 예시적인 것이며, 본 발명을 한정하는 것으로 해석되지는 않아야 한다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따라 3개의 터빈들을 포함하는 하나의 전력 생산 시스템과 이의 동작 방법을 나타내는 흐름도를 제공한다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따라 2개의 터빈들을 포함하는 하나의 전력 생산 시스템과 이의 동작 방법을 나타내는 흐름도를 제공한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 다양한 실시예들을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 이들 실시예들은 본 발명을 완전하고 철저하게 하기 위한 것이며, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전히 이해되도록 하기 위한 것이다. 실제로, 본 발명은 많은 상이한 형태들로 구현될 수 있고, 여기서 설명하는 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 오히려 이들 실시예들은 본 발명이 법률적인 요구 사항들을 충족시킬 수 있도록 하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서와 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 바와 같이, "하나", "일", "상기" 등의 단수적인 표현은 본문에서 명확하게 다르게 정의하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.
- [0033] 어떤 실시예들에 있어서, 본 발명은 기존의 전력 생산 시스템들과 방법들에 대해 구별되는 이점들을 제공하는 방법들과 시스템들을 포함한다. 예를 들면, 다양한 실시예들에 있어서, 본 발명은 하나 또는 그 이상의 다음 사항들을 제공할 수 있다.
- [0034] · 연료를 공기로 연소시키고 사이클 내의 우세한 성분이 질소인 브레이튼 사이클(Brayton cycle)에서 무회(ash-free) 기체상의 연료들(예를 들면, 천연 가스와 같은) 또는 무회 액체상의 연료들(예를 들면, 증류 연료들과 같은)을 사용하는 전력의 발생;
- [0035] · 고효율을 달성하기 위한 별도의 랭킨 스팀 사이클(Rankine steam cycle)의 부존재;
- [0036] · 현재의 가능 우수한 가스 터빈 결합 사이클 시스템들과 대체로 동일한(또는 보다 나은) 저위 발열량(LHV) 기준 상의 순효율(net efficiency)에서 전력의 생산;
- [0037] · 상대적으로 간결한 폼 팩터(form factor) 및 상대적으로 적은 비용을 한정하는 시스템을 가능하게 할 수 있는 높은 압력들;
- [0038] · 500MW 보다 큰 동력 출력을 갖는 단일 트레인 유닛(train unit)들뿐만 아니라 상대적으로 간결한 유닛들을 제공할 수 있는 시스템;
- [0039] · 압축되고 예열된 공기 흐름들 내의 거의 화학량론적인 연소(stoichiometric combustion)를 이용하여 CO₂의 농도가 10%몰 내지 12%몰의 범위인 배출 가스로부터의 CO₂ 포집의 용이성; 그리고
- [0040] · N₂ 가스가 풍부한 재순환 흐름들에 의해 조정되는 배출 온도들에서 연소기들을 동작시킴에 의해 배출 가스 내에 낮은 NO_x 레벨들의 구현.
- [0041] 특정 실시예들에 있어서, 본 발명은 스팀 사이클 또는 산소 플랜트가 없이 현재의 결합된 사이클 유닛들 보다 낮은 자본 비용을 가져오며, 실질적으로 효율을 희생하지 않고, 예를 들면, 약 10%몰 및 그 보다 큰 배출 가스 내의 CO₂ 농도를 갖는 공기/청정 연료 브레이튼 사이클(Brayton cycle) 동력 시스템의 작동을 제공할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 시스템은 아민(amine) CO₂ 처리 시스템(scrubbing system)을 이용하여 대기로 배출되는 상기 배출 가스로부터 추가적인 CO₂를 제거할 수 있다.
- [0042] 이하, 도 1에 예시한 시스템의 실시예를 참조하여 본 발명을 설명하지만, 이는 본 발명을 제한하려는 의도는 아니며, 오히려 예시적인 실시예들을 나타내기 위해 제공되는 것이다. 일반적인 용어로서, 도 1은 동력을 생산하도록 구성된 브레이튼 사이클(Brayton cycle)의 실시예를 예시한다. 상기 시스템은 제1 연소기(3), 제2 연소기(4) 및 제3 연소기(34)를 포함할 수 있다. 각각의 연소기들(3, 4, 34)은 각기 연료 흐름(fuel stream)들(제1 연료 흐름(26), 제2 연료 흐름(24) 및 제3 연료 흐름(37))을 수용할 수 있고, 각각의 연소 흐름(combustion stream)들(제2 연소 흐름(27), 제2 연소 흐름(23) 및 제3 연소 흐름(36))을 생성하도록 가열되고 압축된 공기 흐름(air stream)들(제1 가열되고 압축된 공기 흐름(51), 제3 가열되고 압축된 공기 흐름(21) 및 제3 가열되고 압축 공기 흐름(38))과 함께 연소시킬 수 있다. 상기 연소 흐름들(27, 23, 36)은 각기 제1 터빈(5), 제2 터빈(6) 및 제3 터빈(35)으로 공급될 수 있으며, 이들은 동력으로 전환될 수 있는 회전 운동(rotary motion)을 발생시키도록 상기 연소 흐름들을 팽창시킨다. 예를 들면, 상기 터빈들(5, 6, 35)은 전기 발전기에 직접적으로 또는 간접적으로 연결될 수 있다.
- [0043] 효율을 증가시키기 위하여, 상기 시스템은 제1 열 교환기(2)와 제2 열 교환기(1)를 포함할 수 있다. 상기 제1 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(discharge stream)(28)의 일부(58)는 제1 압축된 공기 흐름(30)을 데우고 이에 따라 상기 제1 가열되고 압축된 공기 흐름(51)을 형성하기 위하여 상기 제1 열 교환기(2)를 통해 안내될 수 있다. 상기 제1 열 교환기(2)는 또한 상기 제1 연소기(3)로 제공되는 제1 재순환 흐름(recycle stream)(57)을 데울 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름(57)은 상기 제1 연소기(3)의 온도를 감소시키고 이에 따라 상기 제1 공기 흐름(5

1)과 함께 상기 제1 연료 흐름(26)의 연소 내에 NO_x 의 생성을 감소시키는 기능을 수행할 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름(57)은 또한 상기 제1 연소기(3)를 나가는 상기 연소 흐름(27)의 온도를 상기 제1 터빈(5)의 최대 유입구 온도까지 또는 그 이하로 감소시키는 기능을 수행할 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름(57)은 상기 제1 열 교환기(2)와 냉각기(8) 내에서 상기 제1 터빈(5)으로부터의 상기 배출 흐름(28)의 일부(58)를 냉각시킴에 의해 형성될 수 있으며, 분리기(9) 내에서 액체상의 흐름(15)이 분리될 수 있고, 재순환 압축기(53) 내에서 상기 분리된 흐름(15)의 일부(59)를 압축시킬 수 있으며, 상기 제1 열 교환기를 통해 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(60)를 돌아가도록 안내할 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름(57)은 또한 가열되고 압축되며 분리된 흐름(50)을 형성하도록 상기 제1 열 교환기(1) 내에서 가열된 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 나머지 부분(16)을 포함할 수 있다.

[0044] 상기 제2 열 교환기(1)는 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)에 의해 가열될 수 있다. 특히, 상기 제2 터빈(6)으로부터의 배출 흐름(18)은 상기 제3 연소기(34)를 통해 안내될 수 있고, 상기 제3 연소기로부터의 연소 흐름(36)은 상기 제3 터빈(35)으로 공급될 수 있다. 상기 제2 터빈(6)으로부터의 배출 흐름(18)은 이에 따라 가열될 수 있고 상기 제3 연소 흐름(36)을 형성하도록 연소 가스들과 결합될 수 있으며, 이는 상기 제2 터빈(6)으로부터의 배출 흐름 보다 상대적으로 높은 온도가 될 수 있고, 따라서 상기 제3 터빈(35)은 상기 제2 터빈으로부터 직접 상기 배출 흐름을 수용할 경우에는 보다 높은 효율에서 동작할 수 있다. 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)은 이후에 상기 제2 열 교환기(1)로 안내되고, 냉각된 배출 흐름(19)이 이후에 대기로 배출될 수 있다. 선택적으로는, 도시된 바와 같이, 상기 냉각된 배출 흐름(19)은 배출 가스(99)를 대기로 안내하기 전에 CO_2 및/또는 다른 기체들을 제거하도록 구성된 스크러버(scrubber)(97)(예를 들면, CO_2 흡착 시스템)를 통해 안내될 수 있다.

[0045] 상기 제2 열 교환기(1)는, 상기 제1 재순환 흐름(57)을 형성하도록 상기 제1 열 교환기(2) 내에서 가열되는 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 다른 부분(60)과 결합될 수 있는 가열되고 압축되며 분리된 흐름(50)을 형성하도록 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 나머지 부분(16)을 가열하게 적용될 수 있으며, 이는 상기 제1 연소기(3)를 통해 안내된다. 상기 제2 열교환기(1)는 또한 상기 제2 연소기(4)를 통해 안내되는 제2 재순환 흐름(40)을 형성하도록 상기 분리된 흐름(15)의 나머지 부분(17)을 가열하게 적용될 수 있다. 상기 제2 재순환 흐름(40)은 상기 제2 연소기(4) 내의 온도를 감소시킬 수 있고 이에 따라 상기 제2 공기 흐름(21)과 상기 제2 연료 흐름(24)의 연소 내에 NO_x 의 생성을 감소시키는 기능을 수행할 수 있다. 상기 제2 재순환 흐름(40)은 또한 상기 제2 연소기(4)를 나가는 상기 연소 흐름(23)의 온도를 상기 제2 터빈(6)의 최대 유입구 온도까지 또는 그 이하로 감소시키는 기능을 할 수 있다. 실시예들에 있어서, 상기 제1 터빈(28)으로부터의 배출 흐름(28)의 나머지 부분(22)은 또한 상기 제1 터빈을 떠나기 전에 먼저 냉각되거나, 가열되거나 또는 그렇지 않으면 처리되지 않고 상기 제2 연소기(4)를 통해 재순환될 수 있다. 상기 배출 흐름(28)의 나머지 부분(22)은 상기 연소 공기 흐름들과 상기 연료 흐름들로부터 대부분의 CO_2 및 연소 생성물로서 파생되거나 상기 공기 흐름들 또는 상기 연료 흐름들 내에 존재하는 일부의 물과 함께 질소, 아르곤 및 다른 불활성이고 불연성인 성분들을 흐름(99)으로서 대기로 배출하고, 상기 시스템 내에 이들의 축적을 방지하는 데 기여한다. 상기 제1 터빈(5)은 높은 배출 압력을 야기하는 높은 유입구 압력과 낮은 압력 비율로 동작할 수 있다. 상기 제1 터빈(6) 및 상기 제3 터빈(35)은 이들 과 관련된 연소기들(4, 34) 및 제2 열 교환기(1)의 목적은 상기 배출 흐름(28)의 나머지 부분(22) 내의 압력 에너지를 전체적인 전력 생산과 상기 공정의 효율을 증가시키도록 효율적으로 이용하게 하는 것이다. 상기 제2 열 교환기(1)는 또한 각기 상기 제2 및 제3 연소기들(4, 34)로 안내되는 상기 제2 및 제3 공기 흐름들(21, 38)을 가열하도록 제공될 수 있다.

[0046] 또한, 상기 연소기들(3, 4, 34)로 공급되는 상기 압축되고 가열된 공기 흐름들(51, 21, 38)에 관하여, 상기 시스템은 제1 공기 압축기(10), 제2 공기 압축기(11) 및 제3 공기 압축기(42)를 포함하는 공기 압축 시스템들을 구비할 수 있으며, 이들은 일부 실시예들에서 전기 모터(54)에 의해 구동될 수 있거나, 또는 하나 또는 그 이상의 터빈들(5, 6, 35)에 기계적으로 연결될 수 있다. 상기 제3 공기 압축기(42)는 공급 공기 흐름(feed air stream)(12)(예를 들면, 주위 공기)을 수용할 수 있고 상기 공급 공기 흐름을 압축시킬 수 있다. 상기 제3 공기 압축기(42)에 의해 압축된 상기 공급 공기 흐름(12)의 제1 부분(48)은 상기 가열되고 압축된 공기 흐름(38)을 형성하도록 상기 제2 열 교환기(1)를 통해 안내될 수 있고, 이는 상기 제3 연소기(34)로 공급된다. 상기 제3 공기 압축기(42)에 의해 압축된 상기 공급 공기 흐름(12)의 제2 부분(47)은 상기 제2 공기 압축기(11)로 안내될 수 있다. 상기 제2 공기 압축기(11)에 의해 압축된 상기 공기 흐름(47)의 제1 부분(20)은 상기 가열되고 압축된 공기 흐름(21)을 형성하도록 상기 제2 열 교환기(1)를 통해 안내될 수 있고, 이는 상기 제2 연소기(4)로 공급된

다. 상기 제2 공기 압축기(11)에 의해 압축된 상기 공기 흐름(47)의 제2 부분(14)은 상기 제1 공기 압축기(10)에 의해 수용될 수 있다. 상기 제1 공기 압축기(10)에 의해 압축된 상기 공기 흐름(30)은 상기 제1 공기 흐름(51)을 형성하도록 상기 제1 열 교환기(2)를 통해 안내될 수 있고, 이는 상기 제1 연소기(3)로 공급된다.

[0047]

상기 제3 연소기(34)가 상기 제3 공기 압축기(42)에 의해 압축된 공기 흐름(38)을 수용하는 이러한 연속적인 연소기 구성으로 인하여, 상기 제2 연소기(4)는 상기 제3 공기 압축기 및 상기 제2 공기 압축기(11) 모두에 의해 압축된 공기 흐름(21)을 수용하며, 상기 제1 연소기(3)는 상기 제3 공기 압축기, 상기 제2 공기 압축기 및 상기 제2 공기 압축기(10)에 의해 압축된 공기 흐름(51)을 수용하고, 상기 연소기들에 대한 공기의 공급이 변화될 수 있다. 특히, 상기 연소기들 내로의 공기의 유량은 상기 제1 연소기(3) 내에서 가장 높을 수 있고, 상기 제3 연소기(34) 내에서 가장 낮을 수 있으며, 상기 제2 연소기(4) 내에서 상기 제1 및 제3 연소기들을 위한 공기의 유량들 사이에 있을 수 있다. 또한, 상기 제1 및 제2 연소기들(3, 4)에 의해 각기 수용된 상기 연료 흐름들(26, 24)은, 연료 압축기에 의해 압축되지 않을 수 있는 상기 제3 연소기(34)로 공급되는 연료 흐름(37)과 비교할 경우에 전기 모터(77)에 의해 구동될 수 있는 연소기(7)에 의한 연료의 공급 흐름(25)의 압축으로 인하여 상대적으로 높은 압력에 있을 수 있다. 이에 따라, 상기 연료 흐름들(26, 24, 37)의 유량들과 상기 가열되고 압축된 공기 흐름들(51, 21, 38)은 원하는 연료에 대한 공기의 비율들을 제공하도록 조절될 수 있다. 예를 들면, 상기 유량들은 실질적으로 화학량론적인 연소를 제공하도록 구성될 수 있다. 각각의 연소기들(3, 4, 34)에 대한 각각의 연료 흐름들(26, 24, 27)의 유량들은, 화학량론적인 조건들 부근에서 공기 속에서 연소되고 재순환 흐름들과 혼합될 때, 각각의 터빈들(5, 6, 35)을 위해 요구되는 유입구 온도들이 주어지도록 충분한 열을 제공하게 별도로 제어될 수 있다. 상기 공기 흐름들(51, 21, 38)은 하나 또는 그 이상의 위치들(예를 들면, 상기 흐름들(48, 20, 30)에서)에서 상기 연소기들(3, 4, 34) 내의 상기 연료 흐름들(26, 24, 37)로부터의 연료의 거의 화학량론적인 연소가 주어지도록 각기 별도로 제어될 수 있다. 상기 재순환 흐름들(57, 40)의 유량들은 상기 터빈들(5, 6, 35)로 제공되는 상기 요구되는 유량이 주어지도록 하나 또는 그 이상의 위치들(예를 들면, 상기 흐름들(60, 16, 17)에서)에서 별도로 제어될 수 있다. 따라서, 공기 공급기(예를 들면, 상기 연소기들(3, 4, 34)로 상기 공기 흐름들(51, 21, 38)을 제공하도록 구성된 하나 또는 그 이상의 구성 요소들) 및/또는 연료 공급기(예를 들면, 각각의 연소기들(3, 4, 34)에 상기 연료 흐름들(26, 24, 37)을 공급하도록 구성된 하나 또는 그 이상의 구성 요소들)는 상기 공기 흐름과 상기 연료 흐름을 상기 연소기에서 실질적으로 화학량론적인 연소(예를 들면, 약 5%까지의 과잉 O_2 를 갖는)를 야기하도록 구성되는 비율로 공급하도록 구성될 수 있다. 이러한 관점에 있어서, 주위 공기를 포함하는 공기 흐름들의 실질적으로 화학량론적인 연소를 적용함에 의해, 상기 연소로부터 유래되는 과잉의 불활성 기체들(예를 들면, N_2 및 Ar)이 상기 폐쇄 시스템으로부터 제거될 수 있고 대기로 배출될 수 있다. 예를 들면, 상기 제3 연소기(34)를 나오고 상기 제3 터빈(35)으로 들어가는 흐름(36)은 높은 압력(예를 들면, 20bar(2MPa) 내지 60bar(6MPa)과 높은 온도를 나타낼 수 있고, 불활성 기체들의 대다수 농도를 가질 수 있다. 팽창 후에, 흐름(39)과 흐름(19)은 각기 대기 압력에 근접하는 낮은 압력을 가질 수 있다. 따라서, 상기 흐름은, 진술한 바와 같이, 동력을 생산하고 상기 불활성 기체들을 대기로 배출하기 이전에 상기 불활성 기체들의 압력을 실질적으로 대기 압력까지 감소시키도록 하나 또는 그 이상의 터빈들을 가로질러 팽창된다. 도 1의 시스템의 동작의 추가적인 설명은 다음에 제공된다. 그러나, 상기 온도들, 압력들, 연료들, 가스들 등이 예시적인 목적들을 위해 제공되는 점을 이해할 수 있을 것이다. 이에 따라, 상기 시스템의 동작은 일부 실시예들에서 제공되는 예들로부터 하나 또는 그 이상의 관점들에서 다를 수 있다.

[0048]

도 1의 시스템은 복수의 재순환 흐름들(57, 40, 22, 18)을 통해 작동 유체로서 상기 연소기들로 제공되는 CO_2 및 H_2O 연소 생성물들과 혼합된 대부분의 N_2 를 사용할 수 있는 고압/저압 비율의 브레이튼 동력 사이클(Brayton Power cycle) 내에 열 교환기들(2, 1)(예를 들면, 이코노마이저들(economizers))을 사용할 수 있다. 질소는 하나 또는 그 이상의 재순환 흐름들(57, 40, 22, 18)(예를 들면, 물 기준으로 50% N_2 보다 큰) 내에 주요 성분들을 포함할 수 있다.

[0049]

상기 연소기(3) 내의 높은 압력은 약 60bar(6MPa) 보다 클 수 있거나, 약 80bar(8MPa) 보다 클 수 있거나, 또는 약 120bar(12MPa) 보다 클 수 있거나, 혹은 약 80bar(8MPa) 내지 약 500bar(50MPa), 약 100bar(10MPa) 내지 약 450bar(45MPa), 또는 약 200bar(20MPa) 내지 약 400bar(40MPa) 정도의 범위가 될 수 있다. 각각의 터빈들(5, 6, 35)에 대한 압력 비율은 약 4 내지 약 12, 약 5 내지 약 11, 또는 약 7 내지 약 10 정도의 범위가 될 수 있다. 탄화수소를 포함하는 연료 흐름(26)은 제1 가열되고 압축된 공기 흐름(51)으로부터 산소의 거의 화학량론적인 양으로 제1 고압 연소기(3) 내에서 연소될 수 있다. 상기 연료 시스템은 바람직하게는, 메탄(methane)(즉, 천연 가스)과 같이 주위 조건들에서 기체 상태인 탄화수소를 포함한다. 그러나, 액화 석유 가스(liquefied

petroleum gas: LPG)와 같은 다른 탄화수소들이 사용될 수 있다. 상기 연료 시스템은 이에 따라 압축된 탄화수소 가스(예를 들면, C1-C4 탄화수소 가스들의 임의의 결합)를 포함할 수 있다. 더욱이, 증류 연료들이 사용될 수 있다. 특히, 가솔린, 디젤, 등유, 난방유 및 제트 연료와 같은 석유 증류로부터 수득되는 임의의 액체상의 연료들이 사용될 수 있다. 보다 일반적으로는, 적절한 액체상의 연료는 C5-C70, C6-C50, C7-C30 또는 C8-C20 탄화수소들을 포함하는 석유 증류액이 될 수 있다. 순 연소 가스는 연소 흐름(27)의 온도를 조절하는 상기 제1 터빈(5)의 최대 유입구 온도까지 또는 그 이하로 상기 재순환 흐름(57)과 혼합될 수 있다. 상기 제1 재순환 흐름(57)의 일부(60)는 상기 제1 터빈(5)으로부터 수용되는 배출 흐름(28)의 일부(5)로부터의 열을 이용하여 제1 열교환기(2) 내에서 예열될 수 있다. 상기 높은 유입구 압력 및 유출구 온도와 상기 터빈들(5, 6, 35)의 낮은 압력 비율은 상기 배출 온도들이 상대적으로 높은, 통상적으로 400℃ 내지 800℃ 정도의 범위에 있을 수 있는 점을 의미한다. 상기 터빈 배출 흐름들(28, 18, 39) 내에 존재하는 열은 높은 효율과 최대의 동력 출력을 구현하도록 상기 열 교환기들(1, 2) 내에서 회수될 수 있다.

[0050] 상기 제1 터빈(5)에 의해 수용되는 상기 연소 흐름(27)의 온도는 적어도 약 500℃, 적어도 약 700℃, 또는 적어도 약 900℃ 정도가 되거나, 또는 약 900℃ 내지 약 1,600℃, 약 1,000℃ 내지 약 1,500℃, 또는 약 1,100℃ 내지 약 1,400℃ 정도의 범위가 될 수 있다. 상기 제1 터빈(5) 내에서 약 4 내지 약 12, 약 5 내지 약 11, 또는 약 7 내지 약 10 정도의 저압에 대한 고압의 비율의 이용은 약 6.7bar(0.67MPa) 내지 약 125bar(12.5MPa), 약 12bar(1.2MPa) 내지 약 100bar(10MPa), 약 15bar(1.5MPa) 내지 약 75bar(7.5MPa), 또는 약 20bar(2MPa) 내지 약 57bar(5.7MPa) 범위의 상기 배출 흐름(28)의 배출 압력을 가져올 수 있다. $N_2 + CO_2 + H_2O$ 를 포함할 수 있는 상기 제1 연소기(3)로부터의 연소 흐름(27)의 일부는 궁극적으로는 대기로 배출될 수 있다. 상기 제1 연소기(3)로부터의 연소 흐름(27)의 적어도 일부는 상기 제2 재순환 흐름(40)에 의한 온도 조절로 제2 연소기(4) 내에서 재가열되기 전에 상기 제2 터빈(6) 내에서 팽창될 수 있다. 상기 제2 재순환 흐름(40)과 상기 제2 공기 흐름(21)은 상기 제2 열 교환기(1) 내에서 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)에 의해 약 200℃ 내지 약 800℃, 약 300℃ 내지 약 600℃, 또는 약 450℃ 내지 약 550℃ 정도의 온도까지 가열될 수 있다.

[0051] 선택적으로는, 높은 효율을 구현하기 위하여, 상기 제2 연소기(4)로부터의 연소 흐름(23)은 이가 대기 압력까지 팽창되면서 상기 연소 흐름으로부터의 동력 출력을 최대화하기 위하여 상기 제2 및 제3 터빈들(6, 35) 사이에 위치하는 상기 제3 연소기(34)로 상기 제3 터빈(35)을 통과할 수 있다. 상기 제2 및 제3 터빈들(6, 35)은 실질적으로 동일한 압력 비율들을 채용할 수 있다. 각각의 상기 연소 흐름들(27, 23, 36)은 약 500℃ 내지 약 1,800℃, 약 900℃ 내지 약 1,600℃, 또는 약 1,100℃ 내지 약 1,400℃ 정도의 온도가 될 수 있다. 상기 제2 연소기(4)로 제공되고, 선택적으로 상기 제3 연소기(34) 및 상기 제2 및 제3 연소기들을 위해 상기 가열되고 압축된 공기 흐름들(21, 38)로 제공되는 상기 제2 재순환 흐름(40)은 상기 제2 열 교환기(1)에서 상기 제3 연소기로부터의 배출 흐름(39)에 대해 예열된다. 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)은 냉각된 배기 흐름(19)으로 배출되기 이전에 상기 제2 열 교환기(1) 내에서 100℃ 이하로 냉각될 수 있다. 상기 배기 흐름(19)은 바람직하게는 약 5%물 보다 크거나, 약 8%물 보다 크거나, 또는 약 10%물 보다 큰 CO_2 함량을 가질 수 있다. 이러한 관점에 있어서, 상기 배기 흐름(19)이 상대적으로 높은 CO_2 함량을 갖도록 함에 의해, 스크러버(97)의 사용이 용이해질 수 있다. 여기서 사용되는 바와 같이, 스크러버는 흐름의 한정되는 성분들의 제거를 위해, 보다 상세하게는 CO_2 , SO_x 및 NO_x 와 같은 오염 물질의 제거를 위해 구성되는 임의의 장치나 시스템을 에워쌀 수 있다. 특히, CO_2 흡착과 제거를 위한 임의의 적절한 시스템이 상기 스크러버로서 사용될 수 있다. 이용될 수 있는 용매 계열의 시스템들의 제한적이지 않은 예들은 BENFIELD™ 프로세스(UOP, LLC)에서 사용되는 바와 같은 알칼리 탄산염들(alkali carbonate), ECONAMINE FG PLUS™ 프로세스(Fluor Corporation)에서 사용되는 바와 같은 알코올아민들(alcoholamines), 그리고 RECTISOL® 프로세스(Lurgi, GMBH) 및 SELEXOL™ 용매(The Dow Chemical Company)에서 사용되는 바와 같은 알코올들, 디올들(diols) 및 에테르들(ethers). 멤브레인 계열의 시스템들과 같은 다른 시스템들 또는 흡착 시스템들도 사용될 수 있다. 이에 따라, 상기 스크러버(97)는 상기 CO_2 함량을 감소시킬 수 있고 배출 가스(99)를 대기로 향하게 할 수 있다. 제거된 CO_2 는 격리를 위해 또는 다른 방법들에서의 사용을 위해 포집될 수 있다. 다른 실시예들에 있어서, 상기 배기 흐름(19)은 상기 배기 흐름을 정제 시스템을 통해 안내하지 않고 대기로 안내될 수 있다.

[0052] 상기 가열되고 압축된 공기 흐름들(51, 21, 38)로부터 각각의 연소기들(3, 4, 24)로 전달되는 공기의 양은, 상기 연료(26, 24, 37)의 완전한 연소를 위해 요구되는 화학량론적인 양에 비하여 약 5% 보다 작거나, 약 3% 보다 작거나, 또는 약 2% 보다 작거나, 혹은 약 0.1% 내지 약 5%, 약 0.15% 내지 약 4%, 또는 약 0.25% 내지 약 3%

의 범위에 있는 순 과잉(net excess) O_2 농도를 갖는 O_2 의 거의 화학량론적인 농도로 제한될 수 있다. 상기 가열되고 압축된 공기 흐름들(51, 21, 38)에 의해 상기 연소기들(3, 4, 34)과 재순환되는 O_2 가 크게 감소된 연소 생성물 흐름들로 전달되는 공기에 관하여 이러한 화학량론적인인 농도들을 채용함으로써, 본 발명의 사이클들은 천연 가스 복합 사이클(NGCC) 플랜트에서 사용되는 종래의 가스 터빈 시스템과 구별된다. 종래의 가스 터빈은 연소기들 내에서 생성된 연소 가스들을 회색시켜 요구되는 터빈 유입구 온도를 구현하도록 압축된 공기 흐름을 사용할 수 있다. 대체로 전체 압축된 공기의 약 2/3 정도가 연소를 우회하며, 이는 통상적으로 배출 내에서 약 14%의 O_2 및 약 3%의 CO_2 농도를 가져온다. 이에 비하여, 본 발명에 따른 상기 시스템들은, 상기 제1 열 교환기(2) 및 냉각기(8) 내에서의 냉각과 응축된 물 흐름(31)의 제거 후에, 전형적인 가스 터빈 시스템을 위한 약 2% 내지 약 4%와 비교하여 통상적으로 약 6%물 내지 약 15%물, 약 8%물 내지 약 14%물, 또는 약 10%물 내지 약 12% 물 범위의 CO_2 함량을 갖는 상기 제1 연소기(3) 내의 연소에 의해 생성되는 분리된 흐름(15)과 상기 제1 터빈(5) 내에서의 팽창을 가져온다.

[0053] 유리하게는, CO_2 제거를 위하여, 상기 제1 터빈(5)으로부터 상기 배출 흐름(28)으로부터의 상기 압축되고 분리된 흐름(49)은 약 5bar(0.5MPa) 내지 약 150bar(15MPa) 또는 약 6.5bar(0.65MPa) 내지 약 124bar(12.4MPa) 범위의 바람직한 압력과 상기 제1 열 교환기(2) 내에서의 냉각, 분리기(9) 내에서의 물의 제거 및 재순환 압축기(53)에서의 압축이 후속하는 거의 대기 온도에서 이용할 수 있다. 상기 CO_2 의 이러한 높은 분압은 CO_2 제거의 자본 비용을 낮추고, 증가된 제거 효율을 가능하게 한다. 예를 들면, 상기 연료 연소로부터 생성되는 전체 CO_2 흐름의 약 50% 내지 약 80%, 약 55% 내지 약 75%, 또는 약 60% 내지 약 70% 정도가 이러한 압축되고 분리된 흐름(49) 내에 유용할 수 있으며, 이는 바람직하게는 약 15bar(1.5MPa) 내지 약 100bar(10MPa) 및 거의 주위 온도에서 ($N_2 + Ar$), CO_2 , 과잉 O_2 및 증기상의 잔류하는 물을 포함한다. 상기 전체 CO_2 흐름의 나머지 비율은 대기 압력과 건조 기준으로 약 7% 내지 약 15%, 약 8% 내지 약 14%, 또는 약 10% 내지 약 12% 정도의 물 농도에서 상기 분리된 흐름(15)의 나머지 부분(17) 내에 이용 가능하며, 이는 상기 압축되고 분리된 흐름(49)과 동일한 성분들을 포함한다.

[0054] 여기서 설명하는 시스템은 연소기들(3, 4, 34)을 위해 둘 또는 셋의 압력 레벨들에서 공기를 공급하는 다중 공기 압축기(제1, 제2 및 제3 공기 압축기들(10, 11, 42)을 포함하는)와 하나 또는 그 이상의 재순환 흐름들(57, 40, 22, 18) 하나 또는 그 이상의 연소기들(3, 4, 34)에 대해 하나 또는 그 이상의 재순환 흐름들(57, 40, 22, 18)을 순환시킬 수 있는 별도의 고압/저압 비율의 재순환 압축기(53)를 구비할 수 있다. 상기 공기 압축기들(10, 11, 42)은 전기적으로 동작될(예를 들면, 전기 모터(54)에 의해) 수 있거나, 상기 터빈들(5, 6, 35)로부터의 축 동력(shaft power)의 적어도 일부에 의해 동작될 수 있다. 상기 공기 압축기들(10, 11, 42)과 상기 재순환 압축기(53)는 선택적으로 단일 구동 시스템에 의해 구동되는 단일 시스템으로 연결될 수 있다. 선택적으로, 상기 공기 압축기들(10, 11, 42) 및/또는 상기 재순환 압축기(53)는 분리될 수 있고 독립적으로 구동될 수 있다.

[0055] 상기 제1 열 교환기(2)는, 상기 제2 터빈(5)을 떠나고 약 400℃ 내지 약 1,200℃, 약 500℃ 내지 약 1,000℃, 또는 약 600℃ 내지 약 800℃의 범위의 온도에서 상기 제1 열 교환기로 들어가는 높은 압력의 터빈 배출 흐름(28)의 냉각을 제공하도록 구성될 수 있다. 상기 제1 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(28)에 의해 방출되는 열은 상기 제1 재순환 흐름(57)의 적어도 일부(60)를 가열하는 데 사용될 수 있다. 상기 전체적인 시스템의 높은 효율은 상기 제1 터빈(5)을 나오는 상기 배출 흐름(28)과 상기 가열된 제1 재순환 흐름(57) 사이의 상대적으로 작은 온도 차이에 의해 강한 영향을 받는다. 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 비열(specific heat)은 상기 제2 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(28)의 경우보다 상당히 높을 수 있으며, 비록 상기 배출 흐름의 유량이 상기 압축되고 분리된 흐름의 유량 보다 높다고 하여도(응축 흐름(31)과 상기 분리된 흐름(15)의 나머지 부분(17)의 제거로 인하여), 불충분한 배출 흐름이 흐를 수 있어 상기 제1 열 교환기(2)를 가로질러 상대적으로 작은 온도 차이를 야기할 수 있다.

[0056] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(16)는 상기 제3 터빈(35)으로부터의 상기 배출 흐름(39)에 대해 상기 제2 열 교환기(1) 내에서 예열될 수 있다. 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(16)의 유량은, 상기 제2 열 교환기(1)에서 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)의 초기 온도에 대하여 이가 약 40℃ 보다 작거나, 약 30℃ 보다 작거나, 약 20℃ 보다 작거나, 또는 약 10℃ 보다 작은 온도를 가지는 것을 야기하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 열 교환기(2)를 통해 안내되는 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(60)의 유량은 상기 제1 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(28)의 유량에 대해 보다 감소될 수

있으며, 또한 상기 제1 재순환 흐름(57)과 상기 제1 터빈으로부터의 배출 흐름 사이에 상대적으로 작은 온도 차이가 구현될 수 있다. 가열된 흐름(50)을 형성하도록 상기 제2 열 교환기(1) 내에서 예열되는 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(16)는 상기 제1 가열된 재순환 흐름(57)을 형성하도록 상기 제1 열 교환기(2)에 의해 가열되는 상기 압축되고 분리된 흐름의 일부(60)와 결합될 수 있다. 비록 상기 제1 열 교환기(2)에 후속하는 상기 압축되고 분리된 흐름(49)의 일부(60)와 결합하는 것으로 예시하지만, 상기 가열된 흐름(50)은 대신에 상기 제1 열 교환기의 이전에 또는 상기 열 교환기 내에서 2개의 흐름들이 실질적으로 동일한 온도를 가지는 지점에서 이러한 부분과 결합할 수 있다.

[0057] 상기 분리된 흐름(15)의 나머지 부분(17)은 상기 재순환 압축기(53)를 우회할 수 있고, 상기 제2 재순환 흐름(40)으로서 상기 제2 열 교환기(1)를 통해 상기 제2 연소기(4)로 진행할 수 있다. 상술한 구성은 상기 제1 열 교환기(2)를 나가는 흐름(그리고 적어도 부분적으로 상기 제1 가열된 재순환 흐름(57)을 형성하는)과 상기 제1 터빈(5)으로부터의 터빈 배기들(28) 사이에 약 10℃ 내지 약 40℃의 범위의 온도 차이를 일으킬 수 있다. 상기 열 교환기들(2, 1)은 일부 실시예들에서 합금 617과 같은 고니켈 합금을 사용하는 다중 채널 확산 결합(multi-channel diffusion bonded) 열 교환기(예를 들면, 맥기트(Meggit) PLC의 헤트릭 부문(Heatric Division)으로부터의) 또는 진공 브레이징된 스테인리스 스틸 플레이트-핀(vacuum brazed stainless steel plate-fin) 열 교환기(예를 들면, 차트 인더스트리즈(Chart Industries) 또는 스미토모 정밀 제품(Sumitomo Precision Products)으로부터의)가 될 수 있다. 다른 적절한 열 교환기도 사용될 수 있다.

[0058] 바람직한 시스템에 있어서, 상기 배출 흐름(28)으로부터 형성되는 상기 냉각되고 분리된 흐름(15)의 일부(17), 상기 배출 흐름(28)으로부터의 상기 냉각되고, 분리되며 가압된 흐름(49)의 일부(16), 그리고 상기 제2 및 제3 연소기들(4, 34)을 위한 공기 흐름들(21, 38)은 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)에 반하여 상기 제2 열 교환기(1) 내에서 가열된다. 상기 제2 재순환 흐름(40)(예를 들면, 상기 제2 열 교환기(1) 내에서의 가열 후의 상기 냉각되고, 분리된 흐름(15)의 나머지 부분(17))은 연료 흐름(24), 가열되고 압축된 공기 흐름(21)(예를 들면, 가열 후의 상기 공기 흐름(20)) 및 상기 터빈 배출 흐름(28)의 재순환 부분(22)과 함께 상기 제2 연소기(4)로 들어간다. 상기 연료 흐름(24)은 상기 제2 재순환 흐름(40)의 압력과 실질적으로 동일한 압력까지 상기 연료 압축기(7)에 의해 압축될 수 있다. 상기 제2 연소 흐름(23)은 상기 제2 연소기(4)로부터 상기 제2 터빈에 대한 유입구 흐름을 위해 적절한 온도(예를 들면, 약 900℃ 내지 약 1,600℃ 사이의 범위)에서 배출된다.

[0059] 상기 제1 터빈(5)으로부터의 상기 터빈 배출 흐름(28)의 일부(58)는 상기 제1 재순환 흐름(57)과 상기 제1 연소기(3)로 제공되는 공기 흐름(51)에 열을 제공하도록 가열되게 상기 제2 열 교환기(2)로 안내될 수 있다. 상기 공기 흐름(51)과 상기 제1 재순환 흐름(57)은 약 400℃ 내지 약 900℃ 그리고 바람직하게는 약 600℃ 내지 약 800℃ 정도의 온도로 가열될 수 있다. 상기 제1 열 교환기(2)를 통해 흐른 후에, 배출 흐름(28)은 100℃ 이하가 될 수 있는 온도에서 냉각된 흐름(33)을 형성한다. 상기 냉각된 흐름(33)은, 상기 흐름으로부터 액체들을 응축시키기 위하여 평균 주위 온도와 실질적으로 동일한 온도에서 냉각된 흐름(32)을 형성하도록 상기 냉각기(8)에 의해 더 냉각될 수 있으며, 이는 액체상의 흐름(31)으로서 상기 분리기(9)에 의해 제거될 수 있다.

[0060] 상기 제2 터빈(6)으로부터의 배출 흐름(18)은 선택적으로 상기 제3 연료 흐름(37)이 상기 제3 가열되고 압축된 공기 흐름(38)과 함께 연소되는 상기 제3 연소기(34) 내에서 재가열될 수 있다. 상기 제2 터빈(6)을 나가는 상기 배출 흐름(18)의 재가열은 약 600℃ 내지 약 1,800℃, 약 700℃ 내지 약 1,700℃, 또는 약 900℃ 내지 약 1,600℃ 범위의 상기 제3 터빈(35)을 위한 유입구 온도들을 구현할 수 있고, 이는 상기 제2 터빈에 상기 제2 터빈으로부터의 배출 흐름 보다 큰 온도인 작동 유체를 제공함에 의해 사이클 효율을 증가시키게 될 것이다. 상기 제3 터빈(35)을 떠나는 상기 배출 흐름(39)의 온도는 상기 제2 열 교환기의 최대 설계 온도에 의해 제한되는 약 200℃ 내지 약 900℃ 범위로 증가될 수 있다. 상기 제1 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(28)의 일부(58)를 상기 제2 열 교환기(2)를 가열하도록 적용하는 실시예들에 있어서, 상기 제3 연소기(34)와 상기 제2 터빈(6)은 상기 제3 터빈(35)에 대한 적당한 압력 비율을 확보하도록 적용될 수 있다. 일반적으로, 상기 제3 터빈(35)은 상기 제2 터빈(6)과 보다 낮은 유출구 온도에 비해 보다 높은 압력 비율을 가질 수 있다. 상기 제3 터빈(35)의 유입구 온도는 가능한 한, 예를 들면, 이의 최대 유입구 온도에 의해 제한되는 약 1,000℃ 내지 약 1,600℃의 범위로 높아야한다.

[0061] 상기 열 교환기들(2, 1)은 온도와 압력의 설계 결합에 따라 진공 브레이징된 스테인리스 스틸 플레이트-핀 열 교환기 또는 확산 결합 고니켈 합금 고압 열 교환기가 될 수 있다. 이러한 유닛들은, 예를 들면, 스미토모 정밀 제품, 차트 인더스트리즈 또는 헤트릭으로부터 제조될 수 있다. 선택적으로는, 상기 열 교환기들(1, 2)의 하나 또는 모두는 또한 상기 시스템에 공급된 연료(25)의 공급 흐름의 일부나 모두를 예열하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 열 교환기들(2, 1)은, 약 100℃ 이하의 온도로부터 약 300℃ 내지 약 900℃ 정도

의 온도 그리고 바람직하게는 약 450℃ 내지 약 800℃ 정도의 온도까지 상기 열 교환기들을 통해 각기 수용되는 각각의 다른 유체들을 가열하도록 상기 제1 터빈(5)으로부터의 배출 흐름(28)의 일부(58)와 상기 제3 터빈(35)으로부터의 배출 흐름(39)을 각기 적용시키도록 구성될 수 있다. 선택적으로는, 둘 또는 그 이상의 터빈들(5, 6, 35)이 각 터빈의 동작을 위해 이들 각각의 최적 스피드들을 허용하기 위하여 각 터빈 내에 다른 회전 속도들을 가능하도록 공통 구동 축을 경유하거나 기어 박스들을 경유해 단일 발전기(45)에 연결될 수 있다. 이에 따라, 상기 시스템은 일부 실시예들에서 전기의 발생에 적용될 수 있다.

[0062]

다음에 제공되는 표 1 내지 표 4는 도 1에 예시한 시스템의 동작 동안의 다양한 흐름들(12, 28, 22, 23, 58, 51, 18, 24, 19, 27, 33, 32, 31, 15, 26, 25)과 상기 제2 연소기(4)에서의 예시적인 동작 변수들을 나타낸다. 상기 동작 변수들은 88.7%의 터빈 효율과 85%의 압축기 효율들을 가정하여 국제 표준화 기구(ISO) 조건들에서 0.4536kmol/hr의 순수한 메탄 연료 흐름으로의 동작에 근거한다. 도표로 나타낸 일부 압축기들은 중간 냉각(intercooling)을 갖는 다중 스테이지 유닛들로서 계산되었다. 다른 보조적인 동력 요구들은 포함되지 않는다. 저위 발열량(LHV) 기준 상의 상기 시스템의 순 효율은 약 60%로 계산된다.

표 1

[0063]

흐름들(12, 28, 22, 23, 58)에서의 예시적인 동작 변수들

흐름	12	28	22	23	58
O ₂ (kmol/hr)	9.2533E-01	5.3181E-02	2.6590E-03	3.1486E-01	5.0522E-02
CH ₄ (kmol/hr)	0	2.1455E-25	1.0750E-26	0	2.0412E-25
CO ₂ (kmol/hr)	0	1.3294E+00	6.6471E-02	2.3740E-01	1.2630E+00
H ₂ O(kmol/hr)	4.4614E-02	6.1447E-01	3.0724E-02	2.1364E-03	5.8375E-01
AR(kmol/hr)	4.1076E-02	1.2040E-01	6.0201E-03	3.5056E-02	1.1438E-01
N ₂ (kmol/hr)	3.4504E+00	1.0114E+01	5.0569E-01	2.9447E+00	9.6081E+00
전체 유량(kmol/hr)	4.4615	12.2313	0.6116	3.5342	11.6197
전체 유량(kg/hr)	128.7128	359.4123	17.9706	104.4543	341.4417
전체 유량(m ³ /hr)	107.0595	27.1543	1.3577	5.8739	25.7966
온도(℃)	15.5556	782.0994	782.0994	494.6406	782.0994
압력(bar, MPA)	1, (0.1)	40, (4)	40, (4)	39, (3.9)	40, (4)
증기 분율	1	1	1	1	1
액체 분율	0	0	0	0	0
고체 분율	0	0	0	0	0
밀도(kmol/m ³)	0.0417	0.4504	0.4504	0.6017	0.4504
밀도(kg/m ³)	1.2022	13.2359	13.2359	17.7826	13.2359
액체 부피(15.6℃에서 m ³ /hr)	0.2374	0.6333	0.0317	0.1892	0.6016

표 2

[0064]

흐름들(51, 18, 24, 19)에서의 예시적인 동작 변수들

흐름	51	18	24	19
O ₂ (kmol/hr)	6.6100E-01	1.8143E-02	0	1.8143E-02
CH ₄ (kmol/hr)	0	1.7418E-25	1.4969E-01	1.7418E-25
CO ₂ (kmol/hr)	1.0255E+00	4.5355E-01	0	4.5355E-01
H ₂ O(kmol/hr)	6.6574E-03	3.3223E-01	0	3.3223E-01
AR(kmol/hr)	1.2040E-01	4.1076E-02	0	4.1076E-02
N ₂ (kmol/hr)	1.0114E+01	3.4504E+00	0	3.4504E+00
전체 유량(kmol/hr)	11.9274	4.2954	0.1497	4.2954
전체 유량(kg/hr)	354.5368	124.8263	2.4014	124.8263
전체 유량(m ³ /hr)	3.7067	232.3210	0.0806	113.2927
온도(℃)	767.5367	507.1197	36.7829	45.0356
압력(bar, MPA)	304.6, (30.46)	1.2, (0.12)	45, (4.5)	1, (0.1)
증기 분율	1	1	1	0.997645

액체 분율	0	0	0	0.002355
고체 분율	0	0	0	0
밀도(kmol/m ³)	3.2178	0.0185	1.8571	0.0379
밀도(kg/m ³)	95.6478	0.5373	29.7925	1.1018
액체 부피(15.6℃에서 m ³ /hr)	0.6386	0.2183	0.0080	0.2183

표 3

[0065]

흐름들(27, 33, 32) 및 연소기(4)에서의 예시적인 동작 변수들

흐름	4	27	33	32
O ₂ (kmol/hr)	1.8143E-02	5.3181E-02	5.522E-02	5.0522E-02
CH ₄ (kmol/hr)	1.7418E-25	2.1455E-25	2.0412E-25	2.0412E-25
CO ₂ (kmol/hr)	4.5355E-01	1.3294E+00	1.2630E+00	1.2630E+00
H ₂ O(kmol/hr)	3.3223E-01	6.1447E-01	5.8375E-01	5.8375E-01
AR(kmol/hr)	4.1076E-02	1.2040E-01	1.1438E-01	1.1438E-01
N ₂ (kmol/hr)	3.4504E+00	1.0114E+01	9.6081E+00	9.6081E+00
전체 유량(kmol/hr)	4.2954	12.2313	11.6197	11.6197
전체 유량(kg/hr)	124.8263	359.4123	341.4417	341.4417
전체 유량(m ³ /hr)	14.6788	5.5770	8.8685	6.6699
온도(℃)	1276.8628	1278.2656	98.1279	17.2222
압력(bar, MPA)	38, (3.8)	300, (30.0)	39.6, (3.96)	39.4, (3.94)
증기 분율	1	1	0.974572	0.950223
액체 분율	0	0	0.025428	1.049777
고체 분율	0	0	0	0
밀도(kmol/m ³)	0.2926	2.1932	1.3102	1.7421
밀도(kg/m ³)	8.5038	64.4456	38.5004	51.1912
액체 부피(15.6℃에서 m ³ /hr)	0.2183	0.6333	0.6016	0.6016

표 4

[0066]

흐름들(31, 15, 26, 25)에서의 예시적인 동작 변수들

흐름	31	15	26	25
O ₂ (kmol/hr)	1.3063E-07	5.0522E-02	0	0
CH ₄ (kmol/hr)	0	0	3.0391E-01	4.5359E-01
CO ₂ (kmol/hr)	3.8056E-05	1.2629E+00	0	0
H ₂ O(kmol/hr)	5.7836E-01	5.3891E-03	0	0
AR(kmol/hr)	2.3723E-07	1.1438E-01	0	0
N ₂ (kmol/hr)	7.3028E-07	9.6081E+00	0	0
전체 유량(kmol/hr)	0.5784	11.0413	0.3039	0.4536
전체 유량(kg/hr)	10.4210	331.0207	4.8755	7.2769
전체 유량(m ³ /hr)	0.0104	6.6927	0.0456	0.2651
온도(℃)	17.1757	17.1757	221.5596	26.6667
압력(bar, MPA)	39.2, (3.92)	39.2, (3.92)	300, (30.0)	40, (40.0)
증기 분율	0	1	1	1
액체 분율	1	0	0	0
고체 분율	0	0	0	0
밀도(kmol/m ³)	55.5867	1.6498	6.6579	1.7109
밀도(kg/m ³)	1001.5065	49.4603	106.8111	27.4475
액체 부피(15.6℃에서 m ³ /hr)	0.0104	0.5912	0.0163	0.0243

[0067] 여기에 개시된 시스템들은, 알려진 NGCC 시스템들 내의 효율들에 필적하거나 보다 큰 효율들이 상당히 낮은 터빈 온도들에서 구현될 수 있는 점에서 특히 유익할 수 있다. 따라서, 본 발명의 시스템들은 현재 기술 보다 상당히 낮은 최대 터빈 온도들(예를 들면, 상기 터빈들의 임의의 것을 통한 상기 유체들의 최대 온도)을 이용할 수 있으며, 또한 알려진 NGCC 시스템들의 효율에 필적하거나 그 보다 큰 순 발전 효율을 구현할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 시스템들과 방법들은 모든 터빈 온도들을 위해 NGCC 보다 높은 효율을 제공하는 것으로서 설명될 수 있다.

[0068] 이전에는 증가된 효율을 구현하기 위하여, 터빈 동작 온도를 상당히 증가시키는 것이 필수적이었다. 예를 들면, 종래의 NGCC 시스템들은 약 59%의 저위 발열량(LHV) 기준 상의 순 효율을 구현하기 위해 약 1,500℃의 최대 터빈 온도를 채용하여 왔다. 64% 정도의 효율에 도달하기 위하여, 종래 기술은 1,700℃의 범위 내에서 동작하는 초고온의 가스 터빈들의 사용을 요구하여 왔다. 이에 비하여, 여기에 개시된 본 시스템들은 약 1,279℃의 터빈 온도를 채용하는 약 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 효율을 구현할 수 있다. 본 발명의 시스템의 효율과 현재의 NGCC 시스템들의 사이의 추가적인 비교들이 다양한 터빈 동작 온도들을 위해 표 5에 예시된다.

표 5

[0069] 본 발명의 시스템들과 NGCC 시스템 사이의 순 효율 비교

최대 터빈 온도(℃)	NGCC 시스템의 효율 (% LHV 기준)	본 발명의 시스템들의 효율 (% LHV 기준)
1100	47.5	55.5
1200	51	58
1279	53.5	60
1400	56.5	63
1500	59	65
1700	64	68

[0070] 따라서, 일 실시예에 있어서, 개시된 시스템들은 보다 낮은 최대 터빈 온도들의 이용으로 종래의 NGCC 시스템들에 필적하거나 그 보다 큰 효율들을 구현할 수 있다. 상술한 바와 같이, 높은 온도들에서 견디도록 구성되는 값비싼 물질들을 위한 요구를 감소시킴에 의해 상기 터빈들의 비용을 감소시키도록 터빈 온도들을 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 선택적으로는, 여기에 개시된 시스템들은 종래의 NGCC 시스템들의 동일한 최대 온도들에서 동작할 수 있지만, 상대적으로 보다 높은 효율을 달성할 수 있다. 예를 들면, 일 실시예에 있어서, 여기에 개시된 시스템이나 방법은 약 1,300℃ 내지 약 1,500℃의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 약 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율로 동작할 수 있다. 다른 실시예들에 있어서, 본 발명에 따른 시스템과 방법은 다음 사항들 중에서 임의의 하나에 따른 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율로 동작할 수 있다: 약 1,100℃의 온도에서 적어도 약 55%; 약 1,200℃의 온도에서 적어도 약 58%; 약 1,400℃의 온도에서 적어도 약 63%; 약 1,500℃의 온도에서 적어도 약 65%; 또는 약 1,700℃의 온도에서 적어도 약 68%. 특정 실시예들에 있어서, 본 발명에 따른 시스템과 방법은 약 1,500℃ 보다 작거나, 약 1,400℃ 보다 작거나, 약 1,300℃ 보다 작은 터빈 온도들로 동작할 때에 적어도 약 60%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율로 동작할 수 있다. 또 다른 실시예들에 있어서, 본 발명에 따른 시스템 또는 방법은 약 1,100℃ 내지 약 1,300℃ 정도의 터빈 온도로 동작할 때에 적어도 약 55%의 저위 발열량 기준 상의 순 발전 효율로 동작할 수 있다.

[0071] 상술한 바와 같이, 상기 제3 터빈(35)과 상기 제3 압축기(34)는 일부 실시예들에서는 선택적이다. 이러한 관점에 있어서, 도 2는 제3 연소기, 제3 터빈 또는 제3 공기 압축기를 구비하지 않는 시스템의 실시예를 예시한다. 상기 시스템은 상술한 차이들을 제외하면 도 1의 시스템과 실질적으로 유사할 수 있다. 예시한 바와 같이, 상기 제2 터빈(6)으로부터의 배출 흐름(18')은 제3 연소기와 제3 터빈을 통해 먼저 진행함이 없이 제2 열 교환기(1')로 안내될 수 있다. 이러한 실시예에 있어서, 상기 배출 흐름(18')은 상기 제2 터빈(6)과 대기 사이의 상기 제2 열 교환기(1)(그리고 임의의 상호 연결 파이프(piping) 및/또는 장비)를 통한 압력 강화와 동등한 대기 압력 이상의 압력에 있을 수 있다. 이러한 실시예에 있어서, 스크러버는 채용되지 않는 점에 주목한다. 따라서, 상기 냉각된 배출 흐름(19')은 스크러버를 통해 먼저 진행하지 않고 대기로 배출될 수 있다. 그러나, 스크러버 시스템도, 예를 들면, 예시된 도 1의 시스템의 실시예와 같이 이러한 실시예에 채용될 수 있다.

[0072] 제3 터빈이 채용되지 않기 때문에, 상기 제3 연소기가 제공되지 않을 수 있을 뿐만 아니라 이와 관련된 연료 및 공기 흐름들도 존재하지 않을 수 있다. 이에 따라, 상기 공기 압축기 시스템은 제3 공기 압축기를 채용하지 않

을 수 있고, 상기 제2 열 교환기(1')가 제3 공기 흐름을 가열하지 않을 수 있다. 따라서, 상기 공급 공기 흐름(12')은, 제3 공기 압축기에 의해 먼저 압축되기 보다는 상기 제2 공기 압축기(12')로 직접 제공될 수 있다. 다른 관점에 있어서, 도 2의 시스템은 도 1의 시스템과 실질적으로 유사할 수 있다.

[0073]

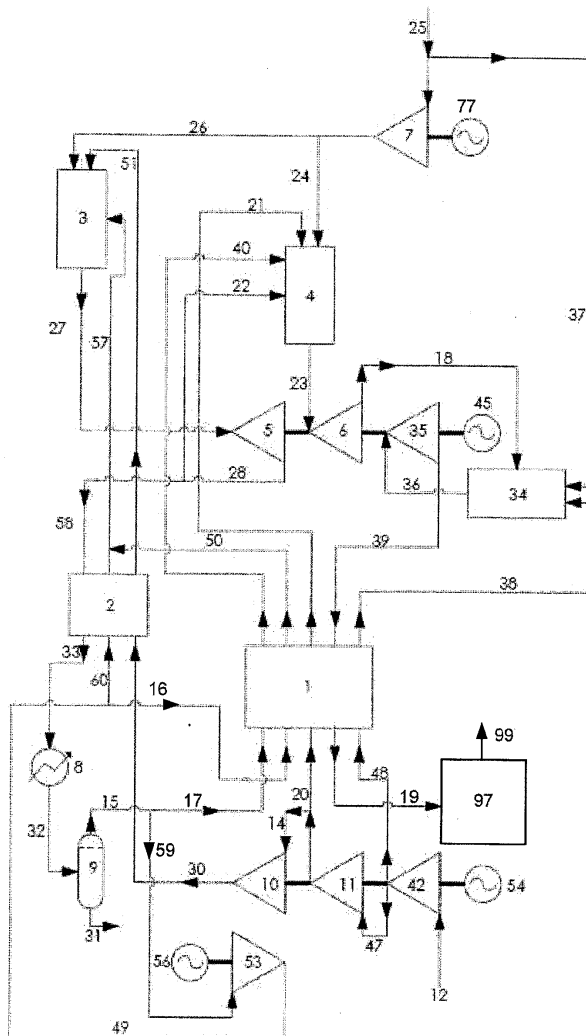
터빈 유입구 온도들을 조절하도록 재순환 흐름들과 함께 가압되고 예열된 공기를 사용하여 거의 화학량론적인 연소와 연계되는 하나 또는 둘의 순차적인 동력 터빈 스테이지들 내에서 팽창되는 연소 생성물들과 함께 높은 압력과 낮은 압력 비율의 제1 터빈의 사용은 약 55% 내지 약 65% 범위의 효율을 갖는 시스템을 야기할 수 있다. 상기 시스템 내의 높은 압력은 플랜트를 위해 상대적으로 낮은 자본 비용을 갖는 상대적으로 간결한 폼 팩터(form factor)를 정의하도록 할 수 있다. 상기 시스템은 베이스 로드(base load) 발전을 위한 500MW를 초과하는 단일 트레인 동력 출력들을 위하여 설계될 수 있다. 상기 시스템은 또한 50% 보다 큰 저위 발열량(LHV) 기준 상의 열적 효율들이 구현될 수 있는 증류된 낮은 황 연료(sulphur fuel)를 사용하는 선박들의 추진 유닛들과 같은 보다 낮은 출력의 응용들에 채용될 수 있다.

[0074]

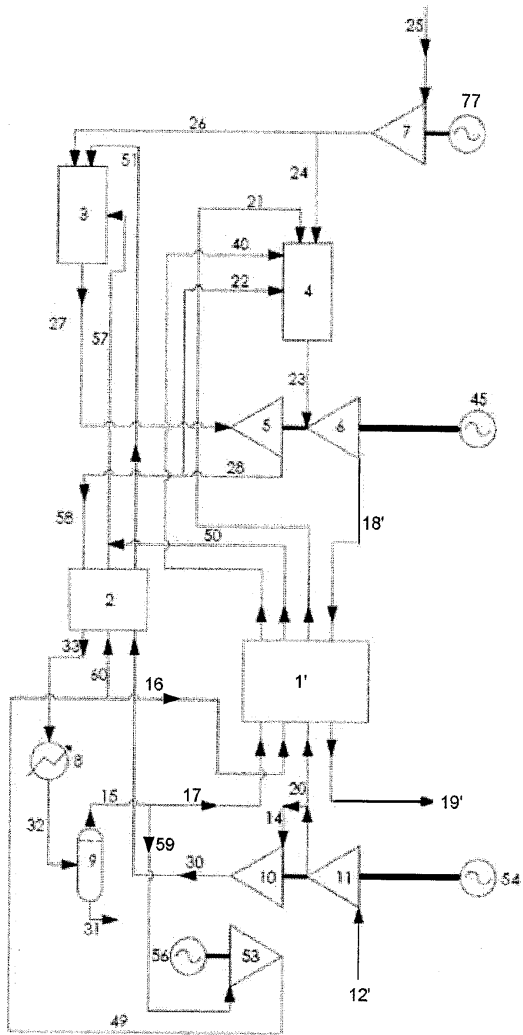
여기서 설정된 본 발명의 많은 변형들과 다른 실시예들이 상술한 설명에서 개시된 이점들과 사상들을 포함하는 본 발명에 속하는 것으로 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이해될 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명이 개시된 특정 실시예들에 한정되는 것은 아니며 이러한 변형들과 다른 실시예들도 첨부된 특허청구범위의 범주에 속하는 것으로 이해될 것이다. 비록 특정 용어들이 여기서 사용되었지만, 이들은 포괄적이고 서술적인 의미로 사용되었으며, 본 발명을 한정하려는 목적으로 사용된 것은 아니다.

도면

도면1



도면2



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제16항 3째줄

【변경전】

약 5%

【변경후】

5%

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제22항 1째줄

【변경전】

약 1,300℃ 내지 약 1,500℃

【변경후】

1,300℃ 내지 1,500℃

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제47항 3째줄

【변경전】

약 5%

【변경후】

5%

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제44항 1째줄

【변경전】

약 1,300℃ 내지 약 1,500℃

【변경후】

1,300℃ 내지 1,500℃

【직권보정 5】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제45항 6째줄

【변경전】

약 5%

【변경후】

5%

【직권보정 6】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제38항 1째줄

【변경전】

약 5%

【변경후】

5%