



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0077159
(43) 공개일자 2017년07월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01K 23/04 (2006.01) *F01K 7/34* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F01K 23/04 (2013.01)
F01K 7/34 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7013549
- (22) 출원일자(국제) 2015년10월29일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년05월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2015/058331
- (87) 국제공개번호 WO 2016/067225
국제공개일자 2016년05월06일
- (30) 우선권주장
3127/DEL/2014 2014년10월31일 인도(IN)

- (71) 출원인
베르마 수보드
인도, 뉴델리 110028, 비-157 나라이나 비하르
- (72) 발명자
베르마 수보드
인도, 뉴델리 110028, 비-157 나라이나 비하르
- (74) 대리인
강명구

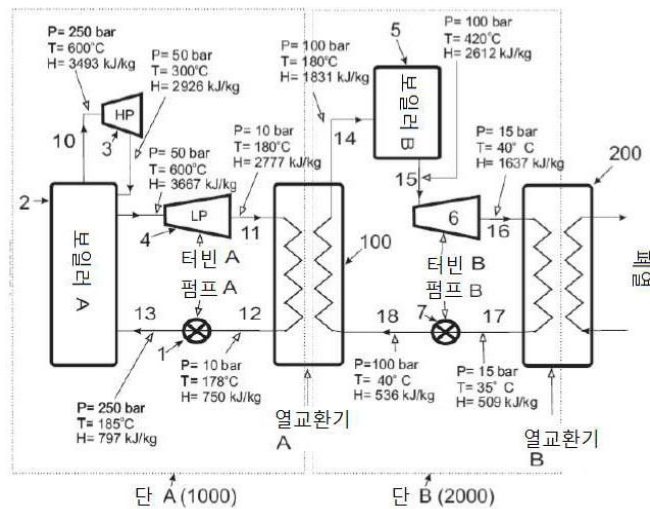
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 시스템

(57) 요약

본 발명은, 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 방법 및 발전기(시스템)에 관한 것이다. 한 실시예에서, 본 발명은 다중 터빈 사이클을 생성함으로써 기존의 발전소 사이클 디자인에서 대기로 배출되는 폐열의 양을 감소시킴으로써 개선된 효율을 구현할 수 있으며, 제1 사이클의 증발 시의 잠열은 제2 사이클의 입력단으로 전달되고 제2 사이클의 폐열(증발 시의 잠열)은 제3 사이클의 입력단으로 전달되며 그 후 이와 같이 계속된다. 최종 사이클의 오직 폐열만이 대기로 배출된다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기에 있어서, 상기 발전기는:

- 제1 작동유를 포함하며 전기를 생성하여 증발 및/또는 응축 시의 잠열(폐열) 에너지를 포함하는 터빈 배출 증기를 생성하도록 구성된 제1단 파워 사이클; 및

- 제2 작동유를 포함하며 전기를 생성하도록 구성된 제2단 파워 사이클을 포함하되,

상기 제2 작동유는 전기 생성을 위해 제1단 파워 사이클로부터 생성된 증발 및/또는 응축 시의 잠열(폐열)을 흡수하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 작동유는 증기로 가열되고 제2 작동유는 제1 작동유와 무관한 작동 온도 및 압력을 가진 증기로 가열되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 3

제1항에 있어서, 제1단 파워 사이클은:

- 고압에서 제1 작동유를 통과하도록 구성된 제1 수단을 포함하고;

- 제2 수단을 포함하되, 상기 제2 수단은 고압에서 제1 작동유를 수용하고 제1 작동유를 고온으로 가열시켜 가열된 유체/증기를 생성하도록 구성되며,

- 제3 및 제4 수단을 포함하되, 상기 제3 및 제4 수단은, 가열된 유체/증기를 수용하고, 상기 가열된 유체/증기를 특정 온도 및 압력으로 강하될 때까지 팽창시켜, 강하된 온도 및 압력으로 상기 가열된 유체를 폐열 교환 메커니즘으로 통과시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 다단 발전기는 열교환기 메커니즘을 포함하되, 상기 열교환기 메커니즘은 제1단 파워 사이클로부터 생성된 폐열을 제2단 파워 사이클에서 제2 작동유로 전달하도록 구성된 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 5

제1항에 있어서, 제2단 파워 사이클은:

- 제5 수단을 포함하되, 상기 제5 수단은 고온 및 고압에서 액체 또는 증기 형태의 제2 작동유를 수용하고 증기 형태의 제2 작동유를 바람직한 작동 온도로 가열시키도록 구성되며;

- 가열된 증기를 고온 및 고압에서 수용하고 증기로부터 전기를 생성하도록 구성된 제6 수단을 포함하되, 증기는 저온 및 저압에서 발전기로부터 배출되며 또 다른 열교환기에 유입되어 폐열을 제3단 파워 사이클로 전달하거나 대기로 배출하고;

- 제2 작동유를 고압으로 통과시키도록 구성된 제7 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 열교환기 메커니즘은:

- 제1단 파워 사이클 동안, 제4 수단으로부터 제1 작동유 증기를 수용하고 상기 제1 작동유 증기가 액체 형태로

변환될 때까지 냉각시켜 제1 수단으로 통과시키거나; 혹은

- 제2단 파워 사이클 동안, 제6 수단으로부터 제2 작동유 증기를 수용하고 상기 제2 작동유 증기가 액체 형태로 변환될 때까지 냉각시켜 제7 수단으로 통과시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 7

제1항에 있어서, 모든 작동유들은 한 작동유로서 사용하도록 구성된 유체 그룹(fluid group)들로부터 선택되는데, 서로에 대해 독립적인 압력과 온도에서 작동되며, 필요 시에는 모든 단에서 서로 다른 압력과 온도가 사용될 수 있는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 8

제1항에 있어서, 바람직하게는, 상이한 단에 대해 상이한 작동유가 사용되며 물리적으로 분리되어 혼합될 수 없는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 9

제1항에 있어서, 제1단의 증발 시의 잠열은 온도와 에너지 함량을 현저하게 증가시키게 하는 온도와 압력에서 제2단에 전달되어 액체로부터 제2 작동유의 증기 또는 초임계 증기로 상 변화되어 상기 공정에서 제1단의 증기는 액체로 변환되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 10

제9항에 있어서, 액체로부터 제2 작동유의 증기 또는 초임계 증기로의 상 변화는 완전한 상 변화 또는 부분적인 상 변화인 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 11

제1항에 있어서, 유체는 잠열 교환 메커니즘에서 한 단으로부터 그 다음 단으로 잠열 에너지가 용이하게 전달될 수 있게 하는 물리적 특성으로 선택되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 12

제1항에 있어서, 폐열 교환 메커니즘은 최종 출력이 특정 형태의 비-전기 출력(non electrical output)임에도 불구하고 모든 열-기반 파워 시스템과 사용되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 13

제1항에 있어서, 개별 단 중 임의의 단은 원할 시에 미임계, 임계, 또는 초임계 온도 및 압력에서 작동되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 적어도 2단의 잠열(폐열) 교환 메커니즘을 가진 다단 발전기.

청구항 14

적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은:

- 제1 작동유를 포함하는 제1단 파워 사이클에서, 전력, 및 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 함유하는 터빈 배출 증기를 생성하는 단계; 및
- 제2 작동유를 포함하는 제2단 파워 사이클에서, 전력, 및 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 생성하는 단계를 포함하되,

제2 작동유는 전기를 생성하기 위한 열교환 메커니즘에서 제1단으로부터 생성된 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 흡수하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

- 제1 수단에 의해, 고압에서 제1 작동유를 통과시키는 단계;
- 제2 수단에 의해, 고압에서 제1 작동유를 수용하는 단계;
- 제2 수단에 의해, 제1 작동유를 고온으로 가열시키는 단계;
- 제3 수단에 의해, 가열된 유체를 수용하며, 상기 유체를 특정 온도와 압력으로 강하될 때까지 팽창시키고, 강하된 온도와 압력으로 유체를 재가열시키기 위해 강하된 온도와 압력으로 상기 가열된 유체를 제2 수단으로 통과시키는 단계를 포함하되, 가열된 유체는 강하된 온도와 압력으로 재가열되며;
- 제4 수단에 의해, 고온 및 저압 또는 중압(intermediate pressure)에서 생성된 증기로부터 전기를 생성하는 단계;
- 제4 수단에 의해, 증발 및/또는 응축 시의 잠열 에너지를 함유하는, 저온 및 저압 배출 증기를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 열교환기 메커니즘을 사용하여, 제1단 파워 사이클로부터 생성된 증발 및/또는 응축 시의 잠열을 제2단 파워 사이클에서 제2 작동유로 교환시켜, 제2 작동유를 증기 또는 상 변화되는 가열된 유체로 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

- 제5 수단을 사용하여, 고온 및 고압에서, 열교환기 메커니즘으로부터, 증기 형태 또는 상 변화되는 가열된 유체에서 제2 작동유를 수용하는 단계;
- 제5 수단을 사용하여, 증기 형태에서 제2 작동유를 필요 온도로 가열하는 단계;
- 제6 수단을 사용하여, 고온 및 고압에서 가열된 증기를 수용하고, 생성된 증기로부터 전기를 생성하며, 증발 및/또는 응축 시의 잠열을 함유하는 저온 및 저압에서 제6 수단으로부터 배출시키는 단계; 및
- 제7 수단을 사용하여, 고압에서 제2 작동유를 통과시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

- 열교환기 메커니즘을 사용하여, 제1단 파워 사이클 동안, 제4 수단으로부터 제1 작동유 증기를 수용하고 액체 형태로 변환될 때까지 냉각시켜 제1 수단으로 통과시키는 단계; 또는
- 열교환기 메커니즘을 사용하여, 제2단 파워 사이클 동안, 제6 수단으로부터 제2 작동유 증기를 수용하고 액체 형태로 변환될 때까지 냉각시켜 제7 수단으로 통과시키는 단계; 및
- 열교환기 메커니즘을 사용하여, 제2단 파워 사이클 후에 증발 시의 잠열을 그 다음 단으로 배출하거나 전달하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 일반적으로 발전에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, 효율적으로 구동되는 발전 터빈용 다단 시스템에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 현재, 전세계 대부분의 전기는, 물을 고압 및 고온 수증기로 가열시킨 뒤, 제너레이터를 회전시키는 터빈을 회전시켜 전기를 생성하도록 사용된다. 물을 가열시키기 위해, 임의의 개수의 수단, 가령, 태양열, 석탄, 가스, 원자력 등이 사용될 수 있다. 고압 수증기가 터빈에 유입될 때, 수증기는 터빈 블레이드(turbine blade)와 충돌하고 그 에너지 중 일부를 터빈으로 제공한다. 수증기가 터빈 블레이드와 다수로 충돌되고 난 뒤, 수증기는 상당한 양의 에너지를 손실되고, 터빈으로부터 배출되어 저압에서 콘덴서(condenser)로 유입되어, 수증기가 물이 될 때까지 수증기가 냉각된다. 그 뒤, 펌프는 물을 다시 사이클의 고압 입력단으로 펌핑시켜(pumped) 수증기로 다시 가열되고 사이클이 계속 반복된다.
- [0003] 이러한 설정이 가지는 문제점은, 콘덴서가 증발 시의 잠열을 제거하여 수증기가 액체로 다시 변환되어야 하며, 펌프는 최소 에너지만을 사용하여 유체를 사이클의 시작 부분으로 다시 펌핑할 수 있어야 한다는 점이다. 그 뒤, 에너지는 폐열(waste heat)로서 주변(surrounding)으로 폐기된다. 물의 경우에, 증발 시의 잠열은 거의 2257kJ/Kg이며, 이는 상당히 많은 양의 에너지에 해당한다. 이는 사이클 당 작동유에 추가되는 전체 열에너지의 40-60%(작동 온도에 따라) 또는 그 이상 사이이다. 따라서, 심지어 가장 우수한 발전소라도 40%의 효율을 구현하는 것이 어렵다. 이러한 폐잠열(waste latent heat)이 사용될 수 있으며 전기로 변환된다면, 임의의 발전소의 효율은 현저하게 개선될 수 있다.
- [0004] 다수의 기존의 파워 사이클이 있는데, 기존의 파워 사이클, 가령, 랭킹 사이클 및 그 밖의 사이클들은, 대기 또는 주변으로 배출되어야 하는 많은 양의 저급 폐열로 인해, 효율이 매우 제한되는 문제점을 지니고 있다. 증발 (또는 응축) 시의 잠열의 대부분은 폐열로서 배출되어야 하며 이는 임의의 사이클의 효율을 상당히 제한한다.

발명의 내용

- [0005] 본 발명은 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 시스템(발전기) 및 방법을 제공한다. 상기 내용은 본 발명의 범위를 본 명세서에 기술된 특징들에만 제한하려는 것이 아니라는 사실에 유의해야 한다.
- [0006] 콘덴서는 증발 시의 잠열을 제거하여 수증기를 다시 액체로 변환시켜야 하며 펌프는 최소 에너지만을 사용하여 유체를 사이클의 시작 부분으로 다시 펌핑할 수 있어야 한다. 그 뒤, 이러한 에너지(잠열)는 폐열로서 주변으로 폐기된다. 따라서, 심지어 가장 우수한 발전소라도 40%의 효율을 구현하는 것이 어렵다.
- [0007] 본 발명은, 임의의 단의 증발 시의 잠열을 대기로 배출시키지 않고 그 다음 단의 입력단(input stage)으로 전달함으로써, 위에서 언급한 기술적 문제점을 효과적이면서도 저렴한 비용으로 해결하고, 임의의 파워 사이클의 효율을 현저하게 증가시킬 수 있는 메커니즘을 제공한다.
- [0008] 한 실시예에서, 본 발명의 기본적인 목적은, 기존 및 미래의 모든 발전소에서 열을 전기로 변환시키는 데 효율을 증가시켜 종래 기술에 언급된 단점/결점을 해결하는 데 있다.
- [0009] 한 실시예에서, 본 발명은, 현재의 기술을 이용하여 높은 효율로, 발전소에서 열에너지를 전기에너지로 변환하는 방법을 제공한다.
- [0010] 한 실시예에서, 본 발명에 의해 개선된 효율은 기존의 발전소 사이클 디자인에서 대기로 배출되는 폐열의 양을 감소시킴으로써 구현된다.
- [0011] 한 실시예에서, 본 발명은 제1 사이클의 증발 시의 잠열이 제2 사이클의 입력단(input stage)으로 전달되며, 제2 사이클의 폐열(증발 시의 잠열)은 제3 사이클의 입력단으로 전달되고, 그 후 이와 같이 계속되는, 다중 터빈 사이클을 생성하는 메커니즘을 제공한다. 오직, 최종 사이클(final cycle)의 폐열만이 대기로 배출된다.
- [0012] 한 실시예에서, 본 발명은 폐잠열을 이용하고 폐잠열을 전기로 변환시켜 발전소의 효율을 현저하게 개선할 수 있게 한다. 또한, 폐열 교환 메커니즘(waste heat exchange mechanism)은 최종 출력(final output)이 특정 형태의 비-전기 출력(non electrical output)임에도 불구하고 모든 열-기반 파워 시스템(heat based power system)과 사용될 수 있다.
- [0013] 한 실시예에서, 임의의 단의 증발 시의 잠열을 대기로 배출하는 대신 그 다음 단의 입력단으로 전달함으로써, 본 발명은 임의의 파워 사이클의 효율을 개선시킨다.
- [0014] 한 실시예에서, 작동유(working fluid), 및 터빈 배출 온도와 압력을 적절하게 선택하면, 본 발명은 증발 시의

모든 잠열을 그 다음 단으로 전달할 수 있으며 그에 따라 바로 그 단의 작동유를 원하는 온도로 가열하는 데 필요한 에너지의 양을 현저하게 줄일 수 있게 한다. 이에 따라, 제1단 후에, 모든 단들의 효율이 현저하게 개선되며, 그에 따라, 전체 효율도 상당히 개선된다.

[0015] 임의의 단의 증발 시의 잠열을 대기로 배출하는 대신에 그 다음 단의 입력단으로 전달함으로써 임의의 파워 사이클의 전체 성능을 개선하기 위하여, 본 발명의 실시예들은 본 특허출원의 복수의 양태들을 제공한다. 상기 복수의 양태들은 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 시스템 및 방법을 제공한다. 기술적인 해결책은 다음과 같다:

[0016] 또 다른 양태에서, 적어도 2단 시스템을 가진 다단 발전기가 기술된다. 상기 발전기는: 제1 작동유, 보일러, 터빈, 열교환기, 펌프 등을 포함하며 전기를 생성하도록 구성된 제1단 파워 사이클; 및 제2 작동유, 보일러, 터빈, 열교환기, 펌프 등을 포함하며 전기를 생성하도록 구성된 제2단 파워 사이클을 포함하되, 제2 작동유는 전기 생성을 위해 제1단 사이클로부터 생성된 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 흡수한다.

[0017] 또 다른 양태에서, 적어도 2단 파워 사이클을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은: 제1 작동유, 보일러, 터빈, 열교환기, 펌프 등을 포함하는 제1단 파워 사이클을 사용하여, 전기를 생성하는 단계; 및 제2 작동유를 포함하는 터빈 사이클과 제2단 잠열 교환 메커니즘을 사용하여, 전기를 생성하는 단계를 포함하되; 제2 작동유는 전기를 생성하기 위한 잠열 교환 메커니즘에서 제1단으로부터 생성된 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 흡수한다.

[0018] 본 발명의 한 실시예에서, 제1단의 저급 폐열(low quality waste heat)은 제2 사이클의 입력단으로 전달되며, 제2 사이클의 폐열은 제3 사이클의 입력단으로 전달되며 그 후 이와 같이 계속된다. 단이 많으면 많을수록, 최종적인 전체 효율은 더욱더 좋아질 것이지만, 단을 더 추가하면 더 많은 비용이 소요될 것이다. 뿐만 아니라, 무제한적인 개수의 단을 가지기 위하여 올바른 물리적 특성을 가진 충분한 개수의 작동유를 찾는 것도 가능하지 않을 수 있다. 상기 공정을 상세하게 설명하는 데 있어서, 본 개념을 설명하기에 2단은 충분할 것이며 따라서 하기 설명은 2단 시스템(two stage system)에 따를 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 본 발명의 상세한 설명은 첨부도면들을 참조하여 기술된다. 도면에서, 도면부호들의 가장 좌측의 숫자는 가장 처음 나타나는 도면부호를 가리킨다. 본 명세서에 걸쳐, 유사한 구성 및 구성요소들을 표시하기 위해 동일한 도면부호들이 사용된다.

도 1은 기존의 발전소 사이클(종래 기술)의 개략도.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따라 매우 높은 효율을 구현하는 다단 사이클의 개략도.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따라 작동유로서 물과 암모니아가 사용되는 경우 2단 시스템의 한 예를 예시한 도면.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따라 적어도 2단의 잠열 교환 메커니즘을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법을 예시한 도면.

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따라 제1단 잠열 교환 메커니즘(1000) 동안 수행되는 방법을 예시한 도면.

도 6은 본 발명의 한 실시예에 따라 제2단 잠열 교환 메커니즘(2000) 동안 수행되는 방법을 예시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 하기 내용은 첨부도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들의 기술적인 해결책들을 명확하게 설명한다. 이 실시예들은 본 발명의 실시예들 중 모든 부분이 아니라 단지 일부분이다. 당업자들이라면, 본 발명의 실시예에 따라 그 밖의 실시예들도 본 발명의 보호 범위 내에 있다는 사실을 잘 알고 있을 것이다.

[0021] 하기에서, 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들을 상세하게 설명한 내용이 본 발명의 개념을 예시하는 첨부도면들과 함께 제공된다. 본 발명은 이러한 실시예들에 대해 기술하고 있지만, 이들에만 제한되는 것은 아니다. 본 발명의 범위는 오직 청구항들에 의해서만 정해지며 본 발명은 다양한 대안예, 변형예 및 균등예들을 포함한다. 본 발명을 상세하게 이해하도록 하기 위하여 하기에서 다양한 특정 내용들이 기술된다. 이러한 내용들은 특정 예로서 제공되며 본 발명은 이러한 특정 내용들 중 일부분 또는 전체 없이도 청구항들에 따라 실시될 수 있다. 명확성을 위하여, 본 발명이 속한 기술 분야에서 공지인 기술적인 사항들은 상세하게 기술되지 않을

거이다.

- [0022] 이러한 설명을 보다 잘 이해하기 위하여 최소한 기본적인 열역학 개념을 이해할 필요가 있다는 사실에 유의해야 한다.
- [0023] 이제, 도 1을 보면, 종래 기술로서 기존의 발전소 사이클의 기본 개념을 예시한 도면이다.
- [0024] 증발 시의 잠열을 리사이클링(recycling)하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위해 기술된 여러 양태들이 임의의 개수의 상이한 시스템, 환경, 및/또는 형상들로 구현될 수 있지만, 상기 실시예들은 하기 대표 시스템에 관해 기술된다.
- [0025] 이제, 도 2를 보면, 본 발명의 한 실시예에 따라 매우 높은 효율을 구현하는 다단 사이클(multistage cycle)을 개략적으로 도시한다.
- [0026] 한 실시예에서, 제1단의 저급(low quality) 폐열이 제2 사이클의 입력단(input stage)으로 전달되며, 제2 사이클의 폐열은 제3 사이클의 입력단으로 전달되고, 그 후 이와 같이 계속된다. 단이 많으면 많을수록, 최종적인 전체 효율은 더욱더 좋아질 것이지만, 단을 더 추가하면 더 많은 비용이 소요될 것이다. 뿐만 아니라, 무제한적인 개수의 단을 가지기 위하여 올바른 물리적 특성을 가진 충분한 개수의 작동유를 찾는 것도 가능하지 않을 수 있다.
- [0027] 한 실시예에서, 공정을 상세하게 설명하기 위하여, 2단으로도 개념을 설명하기에 충분할 것이며 따라서 하기 설명 내용은 2단 시스템에 따른 설명이다.
- [0028] 이제, 도 3을 보면, 본 발명의 한 실시예에 따라 작동유로서 물과 암모니아가 사용되는 경우 2단 시스템의 한 예를 예시한 도면이다.
- [0029] 한 실시예에서, 간단하게 도시하기 위하여, 오직 하나의 고압 및 저압 터빈이 단 A(1000)에 도시되고, 오직 하나의 단일 단(single stage) 터빈이 단 B(2000)에 도시된다. 뿐만 아니라, 사이클 효율 및 성능을 개선시키기 위한 모든 종래의 기술, 가령, 축열, 개방 급수 히터(open feed water heater) 및 그 밖의 작은 변형예들에 대한 설명은 의도적으로 배제하였다. 효율 개선에 관한 모든 기존의 기술들은 개선된 디자인을 가진 모든 단계에 여전히 사용될 수 있다. 이러한 전체 문헌에 언급된 모든 열 및 물리적 특성 값들은 미국 국립 표준 및 테크놀로지(NIST) 웹사이트(www.nist.com) 또는 보다 구체적인 웹사이트(webbook.nist.gov/chemistry/유체)에서 찾아볼 수 있다.
- [0030] 한 실시예에서, 여러 단(1000 또는 2000)의 개선된 시스템에서 광범위한 유체가 사용될 수 있지만, 설명을 위해, 본 명세서에서는, 단 A(1000)에서는 제1 작동유로서 물이 사용되고 단 B(2000)에서는 제2 작동유로서 암모니아가 사용된다. 단 A(1000)는 제1단이며, 액체 물이 지점(13)으로부터 펌프 A 1에 의해 고압에서, 가령, 250 bar(또는 임의의 그 밖의 원하는 압력)에서 보일러 A 2로 전달된다. 보일러 2에서, 액체 물은 고온, 가령, 600°C(또는 임의의 그 밖의 원하는 온도)로 가열되며 초임계 또는 가열된 유체로서 지점(10)에서 보일러 A 2로부터 배출된다. 상기 고온 및 고압 초임계 유체는 고압 터빈 3에서 팽창되고 상당한 온도 및 압력 강하 후에, 보일러 A 2로 복귀하여, 50 bar(또는 임의의 그 밖의 원하는 온도 및 압력)에서 600°C로 재가열되고 효율을 생성하도록 최종 에너지 추출을 위해 저압 터빈(4)으로 보내진다.
- [0031] 기존의 시스템에서, 수증기/증기는 지점(11)에서 거의 진공 상태로 터빈으로부터 배출되고 증발(또는 응축) 시의 잠열은 냉각수를 이용하여 콘덴서에서 폐열로서 제거된다. 이에 따라, 수증기는 지점(12)에서 다시 액체로 변환될 수 있으며 이 액체는 고압으로 본 시스템으로 다시 펌핑되어 사이클을 반복할 수 있다.
- [0032] 본 발명에서, 수증기는 지점(11)에서 충분히 높은 압력과 온도로 저압 터빈 A 4로부터 배출되어 잠열 에너지가 제2 작동유로 전달될 수 있으며, 상기 예에서 사용되는 작동유는 암모니아인데, 이 부분이 종래 기술과 다른 주된 부분이다. 이에 따라, 기존의 종래 기술과 비교하였을 때, 단 A(1000)에서의 효율이 약간 감소될 수 있지만, 증발 시의 단 A(1000)의 모든 잠열은 대기(atmosphere)로 폐기되는 대신에 열교환기 A100)에서 단 B(2000)의 작동유로 전달되는데, 이것이 바로 기존의 종래 기술과 상이한 부분이다. 이러한 잠열 에너지를 단 B(2000)로 전달하는 공정에서, 단 A(1000)의 수증기/증기는 지점(12)에서 액체로 다시 변환되며 이 수증기/증기는 응축 펌프 A 1에 의해 고압에서 입력단(13)으로 다시 펌핑될 수 있다.
- [0033] 한 실시예에서, 단 B(2000)이 이미 단 A(1000)의 많은 양의 잠열 에너지를 흡수하였기 때문에, 원하는 온도를 구현하기 위해 단 B(2000)에 추가되어야 하는 에너지가 훨씬 적다. 열교환기 A 100)에서 단 A(1000)의 수증기의 잠열 에너지를 흡수함으로써, 암모니아는 지점(14)에서 이미 고온 및 고압 증기로 변환되었다. 상기 예에서, 당

업자는, 선택된 압력 및 온도로, 지점(14)에서 암모니아는 증기이라는 사실을 이해할 수 있을 것이다. 하지만, 작동유 B, 이 경우에는 암모니아는, 단 B를 위해 원하는 작동 압력에 따라, 지점(14)에서 액체, 증기, 또는 초임계 액체 또는 초임계 증기로서, 열교환기 A 100로부터 배출될 수 있다. 그 뒤, 작동유는 보일러 B 5로 유입되는데, 보일러 B 5에서 작동유는 지점(15)에서 터빈 B 6로 유입되기 전에 원하는 온도로 가열된다. 지점(16)에서 저압으로 터빈 B 6로부터 배출될 때, 암모니아는 열교환기 B 100으로 유입되는데, 상기 열교환기에서 암모니아는 지점(17)에서 액체가 될 때까지 냉각된다. 그 뒤, 펌프 B 7이 액체 암모니아를 지점(18)에서 고압(미임계, 임계 또는 초임계 압력일 수 있음)으로 펌핑한다.

- [0034] 한 실시예에서, 증발 시의 잠열이 단 A(1000)으로부터 단 B(2000)로 전달될 때, 상당한 양의 전체 에너지 양이 단 B(2000)에 추가되는데, 암모니아를 원하는 온도로 얻기 위해 단 B(2000)에 추가되어야 하는 에너지가 훨씬 적다. 따라서, 제1단 후에, 모든 단들은 매우 높은 효율로 작동될 것이며, 이에 따라 단 A(1000)에서 약간의 효율 감소를 상쇄(compensate)하고도 남을 것이다.
- [0035] 한 실시예에서, 각각의 단은 그 밖의 단들로부터 분리될 수 있으며, 서로 다른 단들에서는 그 어떤 단에서도 유체가 혼합되지 않는다.
- [0036] 한 실시예에서, 각각의 단에서 상이한 유체가 사용될 수 있다. 당업자라면, 그 후의 단들에서 동일한 유체가 사용될 수 있지만, 그보다 낮은 압력에서 사용될 수 있다는 사실을 이해할 것이다.
- [0037] 한 실시예에서, 각각의 단에서, 원할 시에, 그리고, 시스템/발전소의 요건에 따라, 상이한 압력 및 온도가 사용될 수 있다.
- [0038] 한 실시예에서, 본 발명은 기존의 기술 중 임의의 기술, 가령, 축열, 개방 급수 히터, 다단 터빈 등을 사용할 수 있으며, 각각의 개별 단에서도 사용할 수 있다.
- [0039] 한 실시예에서, 본 발명은 임의의 열원(heat source)으로 사용될 수 있는데, 이러한 열원은 가령, 석탄, 태양열, 원자력 등을 포함하지만 이들에만 제한되지는 않는다.
- [0040] 한 실시예에서, 임의의 단에서의 증발 시의 잠열은 충분히 높은 온도와 압력에서 그 다음 단의 입력단으로 전달되어 액체로부터 증기 또는 초임계 증기로의 완전한 또는 부분적인 상 변화를 야기하며, 상기 공정에서 제1단의 증기는 액체로 변환될 수 있다.
- [0041] 한 실시예에서, 모든 단에서, 하지만, 최종 단에서, 터빈 배출 압력은 대기압 및 대기온 이상일 수 있다.
- [0042] 한 실시예에서, 개별 요건들에 따라, 임의의 개수의 단들이 선택되고 작동유가 선택될 수 있다.
- [0043] 한 실시예에서, 열로부터 전기로의 변환의 제1단 효율은 현재의 디자인으로 가능한 효율에 비해 약간 작을 수 있다는 사실을 이해해야 한다. 추후 단들은 "가상의(virtual)" 효율을 가질 수 있는데, 이러한 가상의 효율은 밑에서 설명되는 것과 같이 심지어 100%를 초과할 수도 있다.
- [0044] 한 실시예에서, 최고의 결과를 위해(반드시 필요한 것은 아니지만), 단 A(1000)의 작동유는 가장 높은 임계점 온도를 가질 수 있다. 각각의 그 다음 단, 예컨대, 단(2000)은 이전 단보다 더 낮은 임계점 온도를 가진 작동유를 가질 수도 있다. 따라서, 제1단을 위해 선택되는 유체는 일반적으로 물이다.
- [0045] 한 실시예에서, 본 발명은 낮은 단의 가스 연료 발전소(gas fired plant)로서 사용될 수 있다.
- [0046] 한 실시예에서, 열교환기(100) 외에도, 한 단으로부터 다음 단으로 열을 전달하기 위해, 열펌프(heat pump)가 사용될 수 있다. 열펌프가 에너지를 소모하고 효율을 감소시킬 수 있기는 하지만, 에너지를 전달하기 위해 몇몇 경우 열교환기에서 유지되어야 할 수도 있는 온도 감소를 없앨 수 있다. 열교환기 내에 온도 감소가 없으면, 보다 우수한 효율을 제공할 수 있으며, 이에 따라 열펌프에 의해 소모되는 에너지를 없애는 데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 온도 차이를 유지하면서도 에너지의 상당량(bulk)을 전달하기 위해서 열교환기가 사용될 수 있으며, 어떠한 온도 차이도 존재하지 못하도록 열펌프를 사용하여 최종 에너지량이 전달될 수 있다. 이는 말기 단(end stage)에서 사용될 수 있다.
- [0047] 한 실시예에서, 적어도 2단 시스템을 가진 다단 발전기(multi stage electric power generation apparatus)가 기술된다. 상기 발전기는: 제1 작동유(도시되지 않음)를 포함하며 발전을 위해 구성되며 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 생성하는 제1단 파워 사이클(1000); 및 제2 작동유(도시되지 않음)를 포함하며 발전을 위해 구성되며 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 생성하는 제2단 파워 사이클(2000)로 구성되는데, 제2 작동유는 발전을 위해 제1단 파워 사이클로부터 생성된 모든 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 흡수한다.

- [0048] 한 실시예에서, 제1 발전 단(power generating stage)은: 고압에서 제1 작동유를 통과하도록 구성된 제1 수단(1), 고압에서 제1 작동유를 수용하고 제1 작동유를 고온으로 가열시켜 가열된 또는 과열된 유체 또는 증기를 생성시키도록 구성된 제2 수단(2), 가열된 유체/증기를 수용하고 상기 유체/증기를 특정 온도와 압력으로 강해질 때까지 팽창시키도록 구성된 제3 수단(3)과 제4 수단(4), 및 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)과 함께 낮은 압력과 온도에서 파워 추출 단(power extraction stage)로부터 배출되는 작동유를 포함한다.
- [0049] 한 실시예에서, 본 발명은 열교환기 메커니즘(100)을 포함하되, 열교환기 메커니즘(100)은 제1단(1000)으로부터 생성된 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 제2단(2000)의 제2 작동유로 전달하여 상기 제2 작동유를 고온 및 고압 유체 또는 증기로 변환시키도록 구성된다.
- [0050] 한 실시예에서, 열교환기 메커니즘(100)은, 제1단 파워 사이클(1000) 동안, 제4 수단(4)으로부터 나온 제1 작동유 증기를 수용하여, 상기 제1 작동유 증기가 액체 형태로 변환될 때까지 냉각시켜 제1 수단(1)으로 통과시키도록 구성되거나; 혹은 제2단 파워 사이클(2000) 동안, 제7 수단(7)으로부터 나온 제2 작동유 증기를 수용하여, 단 A(1000)의 폐열 에너지로 상기 제2 작동유 증기를 가열시키도록 구성된다.
- [0051] 한 실시예에서, 제2단 파워 사이클은: 고온 및 고압에서 액체 또는 증기 형태로 제2 작동유를 수용하고 상기 액체 또는 증기 형태의 제2 작동유를 고온 및 고압 증기로 가열시키도록 구성된 제5 수단(5); 가열된 증기를 고온 및 고압으로 수용하고, 증기로부터 전기를 생성하며, 증발 및/또는 응축 시의 잠열로 저압 및 저온에서 파워 추출 단으로부터 배출되고 폐열(잠열)이 그 다음 단으로 전달되거나 또는 대기로 배출되는 열교환기(200)에 유입되게 하도록 구성된 제6 수단(6); 및 액체 형태의 제2 작동유를 고압으로 통과시키도록 구성된 제7 수단(7)을 포함한다.
- [0052] 이제, 도 4를 보면, 본 발명의 한 실시예에 따라 적어도 2단의 잠열 교환 메커니즘을 가진 발전기를 사용하여 전기를 생성하기 위한 방법을 예시한 도면이다.
- [0053] 상기 방법이 기술되는 순서는 제한하려는 의도가 아니며 임의의 개수의 기술된 방법 단계들은 임의의 순서대로 조합되어 상기 방법 또는 대안의 방법들을 구현할 수 있다. 또한, 개별 단계들은 본 명세서에 기술된 주제 범위를 벗어나지 않는 한 상기 방법으로부터 생략될 수도 있다. 게다가, 상기 방법은 임의의 적절한 하드웨어, 펌웨어, 또는 이들의 조합으로 구현될 수도 있다. 하지만, 설명을 용이하게 하기 위하여, 밑에서 기술된 실시예들에서, 본 방법은 위에서 기술된 발전기로 구현되는 것을 간주될 수 있다.
- [0054] 단계 402에서, 제1 작동유를 사용하여 전기가 생성된다. 상기 방법은 도 5에 대해 기술할 때 설명된다.
- [0055] 단계 404에서, 제1 작동유의 증발 및/또는 응축 시의 잠열(폐열)이 제1 유체로부터 물리적으로 분리된 제2 작동유로 전달된다. 이 공정에서, 제1 작동유는 증기로부터 액체 상으로 변환된다.
- [0056] 단계 406에서, 제1단의 폐열을 모두 흡수하고 난 뒤, 제2 작동유는 추가로 가열되어 전기를 생성하기 위해 원하는 온도를 구현할 수 있다. 전기 생성 방법은 도 6의 기술내용에서 설명된다.
- [0057] 단계 408에서, 파워 추출 후에, 제2 작동유의 나머지 에너지(폐열)는 폐열로서 주변(surrounding)으로 또는 제3 작동유로 전달될 수 있다.
- [0058] 이제, 도 5를 보면, 본 발명의 한 실시예에 따라 제1단 파워 사이클(1000) 동안 수행되는 방법을 예시한 도면이다.
- [0059] 단계 502에서, 제1 수단(1)을 사용하여 고압에서 제1 작동유가 통과된다.
- [0060] 단계 504에서, 제2 수단(2)에 의해 고압에서 제1 작동유가 수용된다. 제2 수단(2)은 제1 작동유를 고온으로 가열시켜 가열된 유체를 생성한다.
- [0061] 단계 506에서, 가열된 유체는 제3 수단(3)과 제4 수단(4)에 의해 수용된다. 제3 수단(3)과 제4 수단(4)은 가열된 유체가 전기 생성을 위해 특정 온도 및 압력으로 강해질 때까지 팽창된다.
- [0062] 단계 508에서, 효율을 개선하기 위해 원할 시에 임의의 기존의 수단이 사용될 수 있다.
- [0063] 단계 510에서, 상기 단에서 생성된 폐열(잠열)은 잠열 교환 메커니즘 A 100에서 제2단 작동유로 전달된다. 상기 공정에서, 제1 작동유는 다시 액체 상으로 변환되고 제1 수단(1)에 제공되며 사이클은 단 A(1000)에서 반복된다.
- [0064] 이제, 도 6을 보면, 본 발명의 한 실시예에 따라 제2단 파워 사이클(2000) 동안 수행되는 방법을 예시한 도면이

다.

- [0065] 단계 602에서, 제7 수단(7)을 사용하여 고압에서 제2 작동유가 통과된다.
- [0066] 단계 604에서, 단 B(2000)의 제2 작동유는 단 A(1000)의 제1 작동유의 모든 폐열(증발 및/또는 응축 시의 잠열)을 흡수하고 상기 공정에서 온도 및 에너지 함량이 현저하게 올라간다.
- [0067] 단계 606에서, 제2 작동유는 고온 및 고압에서 열교환기 메커니즘(100)으로부터 배출되는데, 단 A(1000)으로부터 나온 잠열은 제2 작동유에 제공되고, 제5 수단(5)에 의해 고온 및 고압으로 수용되어 원할 시에 최종 온도로 추가로 가열된다.
- [0068] 단계 608에서, 제2 작동유는 에너지 생성을 위해 고온 및 고압으로 제6 수단(6)에 유입된다.
- [0069] 단계 610에서, 효율을 개선하기 위해 원할 시에 임의의 기존의 수단이 사용될 수 있다.
- [0070] 단계 612에서, 제2단(2000)에서 생성된 초과 폐열은 제3 작동유로 전달되거나 혹은 발산되거나 열교환기(200)에 의해 대기로 배출된다. 상기 공정에서, 제2 작동유는 다시 액체 상으로 변환되고 제7 수단(7)에 제공되며 사이클은 단 B(2000)에서 반복된다.
- [0071] 수증기로부터 액체 물로 상 변화로 배출된 많은 양의 에너지는 오직 또 다른 액체, 상기 예에서는 암모니아에서의 상 변화(완전한 또는 부분적인)로 제거될 수 있다는 사실을 유의해야 한다. 그에 대한 대안은, 강 또는 바다로부터 많은 양의 냉각수를 사용하는 기존의 기술을 이용하는 방법으로서, 이 경우, 잠열은 저온 폐열로서 주변으로 손실된다. 본 발명은 작동유의 모든 잠재 에너지(latent energy)를 상대적으로 저압에서 또 다른 터빈 사이클의 고압 입력단으로 전달할 수 있다. 작동유, 압력 및 온도를 적절하게 선택하면, 원하는 임의의 효율을 구현할 수 있다.
- [0072] 한 실시예에서, 온도 및 압력 또는 사용되는 냉각수를 선택하는 것은 공정을 이해하는 데 도움이 되는 한 예이며, 개별 조건에 따라 임의의 온도 또는 압력 혹은 냉각수가 사용될 수 있다. 중요한 점은, 잠열이 폐열로서 대기로 배출되는 것이 아니라, 냉각수에 따라 터빈 배출 압력 및 온도가 적절하게 선택되어 그 다음 단으로 전달된다는 사실이다. 카르노 공식(Carnot Equation)에 의해 정해진 한계를 초과할 수 있는 이유는, 열로부터 에너지를 추출하기 위해, 상 변화를 이용하는 임의의 시스템에, 이러한 카르노 공식이 실제로는 적용될 수 있기 때문이다. 이 명제를 뒷받침하는 명백한 예는, 작동 중인 어떠한 시스템도 카르노 공식에 의해 정해진 효율에 심지어 조금이라도 근접하지 못한다는 사실이다. 상 변화를 이용하는 임의의 시스템에서, 이상적인 조건 하에서 실제 최대 효율은 다음과 같이 정의된다:

[0073] 효율 =
$$\frac{Q_{in} - \Delta H_{vap}}{Q_{in}} = 1 - \frac{\Delta H_{vap}}{Q_{in}}$$

[0074] 여기서,

[0075] Q_{in} 은 KJ/Kg 단위의 킬로그램 당 전체 에너지 입력,

[0076] ΔH_{vap} 은 터빈 배출 압력에서 kJ/Kg 단위의 증발 잠열이다.

[0077] 상기 공식에서, 터빈으로부터 배출되는 수증기는 포화 증기가 아니다. 포화 증기가 허용되거나 원할 경우에는, 잠열 값은 그에 맞게 조절되어야 한다. 본 명세서의 앞부분에서 기술된 것과 같이 2단이 사용되는 경우에서는, 상기 공식은 다음과 같이:

[0078] 효율 =
$$\frac{(Q_{in}^A - \Delta H_{vap}^A) + (\Delta H_{vap}^A + \epsilon(Q_{in}^B - \Delta H_{vap}^B))}{Q_{in}^A + \epsilon Q_{in}^B} = \frac{Q_{in}^A + \epsilon Q_{in}^B - \epsilon \Delta H_{vap}^B}{Q_{in}^A + \epsilon Q_{in}^B} = 1 - \frac{\epsilon \Delta H_{vap}^B}{Q_{in}^A + \epsilon Q_{in}^B}$$

[0079] 여기서,

[0080] Q_{in}^A 은 단 A에서 KJ/Kg 단위의 킬로그램 당 에너지 입력,

[0081] Q_{in}^B 는 단 B에서 kJ/Kg 단위의 킬로그램 당 에너지 입력,

[0082] ΔH_{vap}^A 는 단 A에서 터빈 배출 압력에서 kJ/Kg 단위의 증발 잠열,

[0083] ΔH_{vap}^B 는 단 B에서 터빈 배출 압력에서 kJ/Kg 단위의 증발 잠열,

[0084] ϵ 는 단 A 및 B 사이에 존재할 수 있는 상이한 흐름 속도(flow rate)를 상쇄하기 위한 흐름 계수(flow factor)로서, [단 B의 질량 흐름 속도(mass flow rate)]/[단 A의 질량 흐름 속도]로 정의될 수 있다.

[0085] 이와 비슷하게, 2개보다 많은 단의 경우에는, 상기 공식은:

$$\text{효율} = 1 - \frac{\epsilon_n \Delta H_{vap}^n}{Q_{in}^A + \epsilon_B Q_{in}^B + \dots + \epsilon_n Q_{in}^n}$$

[0086]

[0087] 여기서, n은 단의 개수이며, ϵ_n 은 [단 n의 질량 흐름 속도]/[단 A의 질량 흐름 속도]이다.

[0088] 에너지 손실(energy loss)을 감안하면, 상기 공식은:

$$\text{효율} = 1 - \frac{\epsilon_n \Delta H_{vap}^n + E_t}{Q_{in}^A + \epsilon_B Q_{in}^B + \dots + \epsilon_n Q_{in}^n}$$

[0089]

[0090] 여기서, E_t 는 전체 시스템에서의 전체 에너지 손실이다.

[0091] 상기 공식들로부터, 다음의 결론/사항들을 알 수 있다:

[0092] 1) 단의 개수가 크면 클수록, 전체 효율도 점점 더 커질 것이다.

[0093] 2) 이상적인 시스템에서 무제한적인 개수의 단을 사용하면, 효율은 100%에 접근할 것이다. 하지만, 실제로는, 이를 위해 충분한 작동유를 찾는 것은 어려울 것이며 각각의 단이 추가될 때 출력(output)은 감소할 것이며, 이에 따라 출력과 비용을 모두 최적화시키기 위해서는 단의 개수를 3단 또는 4단으로 제한하는 것이 최선일 것이다.

[0094] 3) 상기 공식들로부터, 증발 시의 낮은 잠열로 작동유를 단순하게 선택하여 시스템의 효율을 올릴 수 있다. 이는 발생하는 경우와 정반대이다. 상기 공식들은 이상적인 조건 즉 에너지, 열, 마찰 또는 그 밖의 손실이 없는 조건에서 발생할 수 있는 것을 보여준다. 실제 조건에서, 낮은 잠열의 유체가 사용되면, 응축 및 공급수 펌프는 생성되는 전체 에너지량 중 큰 부분을 필요로 할 것이다. 화학적 특성 외에도, 물은 매우 큰 증발 잠열로 인해 최고의 선택이 될 것이다. 증발 잠열이 높으면 높을수록, 상 변화 시에 발생하는 팽창 체적(expansion volume)이 더욱더 커질 것이며, 터빈을 효율적으로 구동할 수 있게 함으로써 수증기의 팽창률(expansion ratio)이 매우 커지고, 응축 및 공급수 펌프에 대해 매우 작은 상대적인 파워 조건(power requirement)을 가진다.

[0095] 4) 오직, 최종 단의 잠열만이 대기로 배출된다.

[0096] 5) 위에 기술된 공식들은 열에너지를 사용가능한 임의의 그 밖의 에너지 형태로 변환하기 위해 상 변화를 이용하는 임의의 시스템에 적용될 것이다.

[0097] 6) 현재의 디자인에서, 에너지 추출을 시도하고 최대화하기 위해, 수증기는 일반적으로 포화 증기로서 터빈으로부터 배출되고 저압 터빈 블레이드에 손상을 끼치게 된다. 이러한 디자인에서, 터빈 블레이드 수명을 연장시킬 필요가 없다.

[0098] **작동예: 이론적인 결과**

[0099] 하기 예는 본 발명에서 설명되는 디자인의 이점을 보여줄 것이다. 그 목적은 개념을 설명하는 데 단지 도움을 주고자 하는 것이며 어떠한 양태로도 본 발명에 따른 디자인의 범위를 본 공정에서 사용되는 특정 유체, 온도 및 압력에 제한하고자 하는 것이 아니다. 지점(10)에서, 초임계 유체가 600°C에서 250 bar 압력에 있는 경우,

3493kJ/Kg의 엔탈피를 가진다. 현재 디자인에서(재가열(reheat)이 없거나 임의의 그 밖의 효율 개선 기술이 없다고 가정하면), 0.1 bar 압력으로 터빈으로부터 배출될 때, 약 2450kJ/Kg의 엔탈피를 가지며, 그 중, 약 2257kJ/Kg은 저급 폐열로서 대기로 제거되는 증발(또는 응축) 시의 잠열로서, 그에 따라 오직 약 35%((3493-2257)/3493)의 효율만이 발생된다. 이제, 이러한 2257kJ/Kg의 폐열이 대기로 배출되지 않으며 매우 효율적인 시스템인지를 확인하는 것이 필요하다.

[0100] 한 예로서, 지점(11)에서, 수증기가 터빈으로부터 배출되어 180°C에서 10 bar의 압력으로 콘덴서 A에 유입되는데, 터빈으로부터 배출될 때 엔탈피는 약 2777kJ/Kg일 것이다. 콘덴서 A에서, 이러한 열에너지는 536kJ/Kg의 엔탈피와 40°C의 온도로 지점(18)에서 100 bar로 작동유가 암모니아인 단 B로 전달된다. 사이클 A 및 B에서의 유체는 서로 완전하게 분리되며, 임의의 위치에서 유체들은 직접적으로 접촉되지 않는 것이 필요하다. 이로써, 상이한 단들이 상이한 압력 및 온도에서 작동될 수 있으며, 단의 조건에 따라 조절될 수 있다. 100 bar의 압력에서, 암모니아는 125.17°C 이상에서 상 변화를 할 것이며 단 A에서 수증기는 10 bar에서 179.88°C 이하에서 상 변화를 할 것이다. 이러한 온도 차이는 열교환기 A에서 단 A로부터 단 B로의 에너지 전달이 가능하게 할 것이며 암모니아는 액체 상으로부터 증기 상으로 변환되고, 단 A에서 수증기는 액체로 냉각된 뒤 그보다 높은 압력으로 펌핑되어 사이클을 지속하게 된다. 암모니아의 상이 액체로부터 증기로 변화되기 때문에, 수증기로부터 액체 물로의 상 변화에 의해 배열된 많은 양의 에너지가 흡수될 수 있다. 암모니아가 180°C에서 1831kJ/Kg의 엔탈피로 열교환기 A로부터 배출되면, 단 A에서 물 내에 있는 모든 잠재 에너지를 흡수한다.

[0101] 단들 사이에서 전달되어야 하는 에너지의 양과 일치하도록 하기 위하여, 단 B의 흐름 속도는 단 A의 흐름 속도보다 더 높거나 더 낮을 수 있다. 열교환기 A에서, 수증기는 2027kJ/Kg(2777kJ/Kg-750kJ/Kg)를 배출하고, 암모니아는 오직 1295kJ/Kg(1831kJ/Kg-536kJ/Kg)만을 흡수할 수 있다. 상기 특정 예에서, 이 모든 에너지를 전달하기 위하여, 암모니아의 질량 흐름 속도는 액체로 변환하는데 필요한 에너지를 모두 흡수하기 위해 물의 질량 흐름 속도보다 1.56배(2027kJ/Kg/1295kJ/Kg) 만큼 더 커야 한다. 암모니아 사이클에 대해 이보다 더 낮거나 더 높은 흐름 속도 비율이 바람직한 경우, 조건들에 따라 단 A의 온도와 터빈 배출 압력을 단순히 증가시키거나 감소시키기만 하면 된다.

[0102] 열교환기 내에 약 50°C의 온도 차이가 유지되어 에너지가 한 단으로부터 그 다음 단으로 전달될 수 있으며, 원할 시에 또는 필요 시에는 최종적인 양의 에너지 전달을 위해 열펌프가 사용될 수 있다. 이보다 더 적거나 큰 온도 차이가 바람직한 경우에는, 그에 따라 계산이 조절될 것이다. 또한, 한 단으로부터 그 다음 단으로 열을 전달하기 위해 열펌프가 사용될 수 있는데, 이 경우, 온도 차이는 0이거나 특정 경우에 필요 시에는 심지어 음의 값이 될 수도 있다. 이에 따라, 각각의 단에서는 약간 높은 효율이 발생할 수 있지만, 이것이 바람직한지를 결정하기 위하여 열펌프에 의해 사용되는 에너지도 고려해야 한다.

[0103] 도 3에 도시된 시스템은 단 A의 효율을 약간 감소되게 할 수 있지만, 단 A의 잠열을 단 B의 입력으로 전달하고 작동유를 지점(14)에서 고압 증기로 만들면, 도 3에 도시된 것과 같이 암모니아 온도를 180°C로부터 420°C로 올리고 약 781kJ/Kg(2612kJ/Kg-1831kJ/Kg=781kJ/Kg)를 위해, 보일러 B에서 약간의 여분의 에너지만이 필요하게 된다. 이를 비교해 보면, 단 A에 3484kJ/Kg가 추가된다. 이는 단 B에 대한 "가상"의 효율로서 ((2612-1637)/(2612-1831))*100 = 125%가 된다. 첫 번째의 2단에 대한 평균 효율은 (전체 에너지 출력)/(전체 에너지 입력)=((3493-2926)+(3667-2777)+1.56*(2612-1637))/(3493-750+3667-2926+1.56*(2612-1831)) = 63.3%가 된다. 이 숫자는 물론 어떠한 에너지 손실도 고려하지 않았기 때문에 근사값이다. 하지만, 단지 2개의 단순 단을 사용하면(단 A에서 오직 하나의 재가열(reheat)을 사용하면), 디자인은 현재의 디자인 시스템으로 가능한 모든 성능 한계(performance limit)를 이미 현저하게 초과하게 된다. 제3단은 카르노 공식에 의해 설정된 효율을 초과하는 효율을 가지게 되어 이를 무효화시킬 것이다. 무제한적인 개수의 단과 이상적인 시스템을 사용하면, 실제로 거의 100%의 효율에 접근할 수 있다.

[0104] 위에서 논의된 대표 실시예들은 특정 이점을 제공할 수 있다. 본 명세서의 양태들을 실시하는 데 반드시 필요하지는 않지만, 이러한 이점들은 다음 내용들을 포함할 수 있다:

[0105] - 파워 단위 당 비용이 감소할 것이다. 동일한 양의 전기 출력을 위해, 더 적은 연료가 연소되기 때문에 오염이 줄어들 것이다.

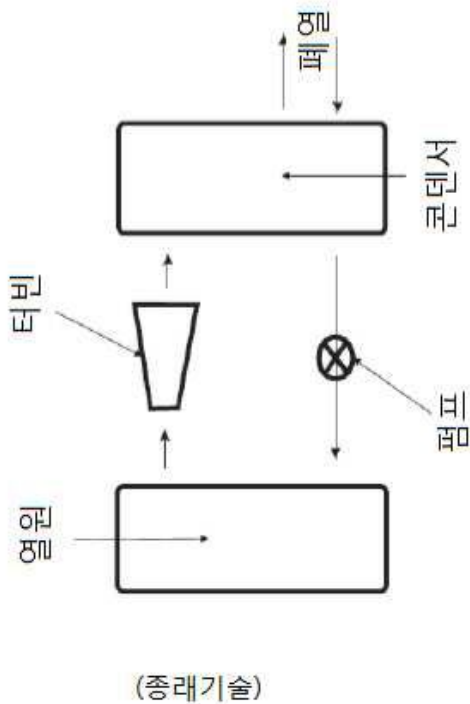
[0106] - 오염 때문에, 지구 온도가 현저하게 증가되는 위험에 처해 있는데, 이를 현저하게 제거할 수 있다.

[0107] - 또 다른 이점에 따르면, 상대적으로 작은 추가 투자만으로도, 기존의 전기 생성 성능이 현저하게 증가될 것이다.

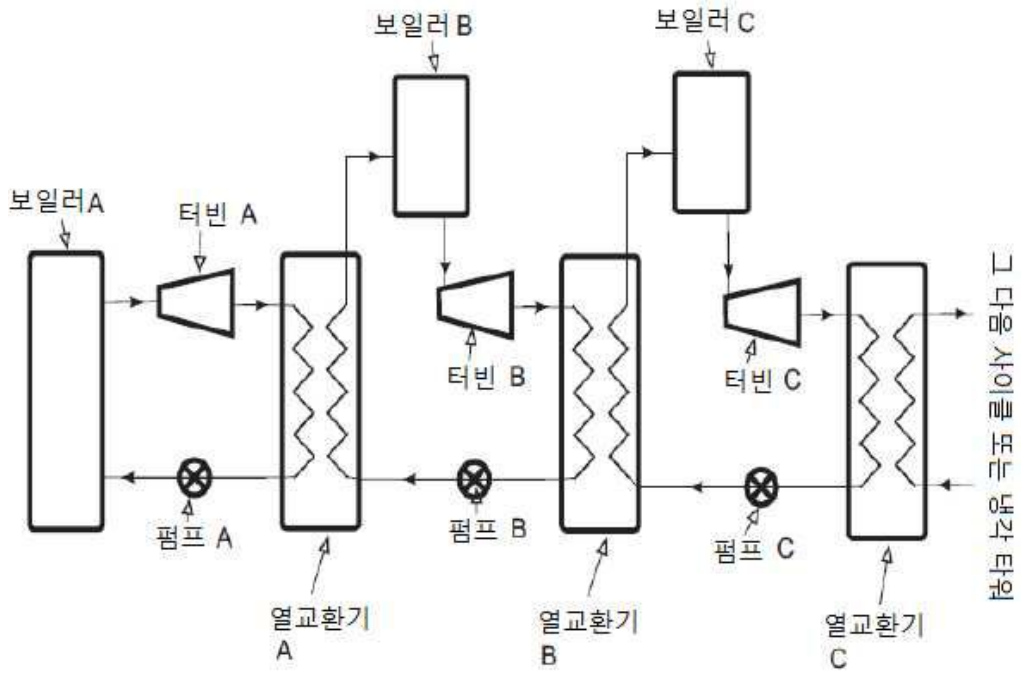
- [0108] 당업자라면, 본 발명에서 다양한 수단들이 사용된다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 각각의 수단은 위에서 논의된 특정 기능들을 수행하기 위한 특정 장치이다. 예를 들어,
- [0109] - 제1 수단 및 제7 수단은 펌프 및 펌프의 기능과 유사한 기능을 가진 장치들을 포함할 수 있지만 이들에만 제한되지는 않는다.
- [0110] - 제2 수단 및 제5 수단은 보일러 및 보일러의 기능과 유사한 기능을 가진 장치들을 포함할 수 있지만 이들에만 제한되지는 않는다.
- [0111] - 제3 수단, 제4 수단, 및 제6 수단은 고압 터빈과 저압 터빈, 및 고압/저압 터빈의 기능과 유사한 기능을 가진 장치들을 포함할 수 있지만 이들에만 제한되지는 않는다.
- [0112] 본 발명에서 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 시스템을 구현하는 방법이 특정의 구성 특징 및/또는 방법들로 기술되었지만, 청구항들은 앞에 기술된 특징 또는 방법들에만 제한될 필요가 없다는 사실을 이해해야 한다. 상기 특정의 특징 및 방법들은 증발 시의 잠열을 리사이클링하여 고효율 에너지 변환 사이클을 위한 시스템을 구현하기 위한 한 예로서 기술된다.
- [0113] 본 명세서에서 언급된 예들은 본 발명에 따른 디자인의 범위를 제한하려는 것이 아니라 오직 디자인의 기본 개념을 이해하는데 도움을 주고자 하는 것이다. 중요한 사실은, 현재 실시되고 있는 것과 같이 대기로 배출되는 대신, 증발/응축 시의 잠열(폐열)이 그 다음 단들로 전달되어 전기 변환에 열의 효율을 증가시킨다는 점이다. 또한, 본 명세서에서 기술되는 것과 같이, 증발/응축 시의 잠열(폐열)을 이용하여, 약간의 변형 또는 대안예를 가진 모든 디자인들도 본 발명의 범위 내에서 다루어진다.

도면

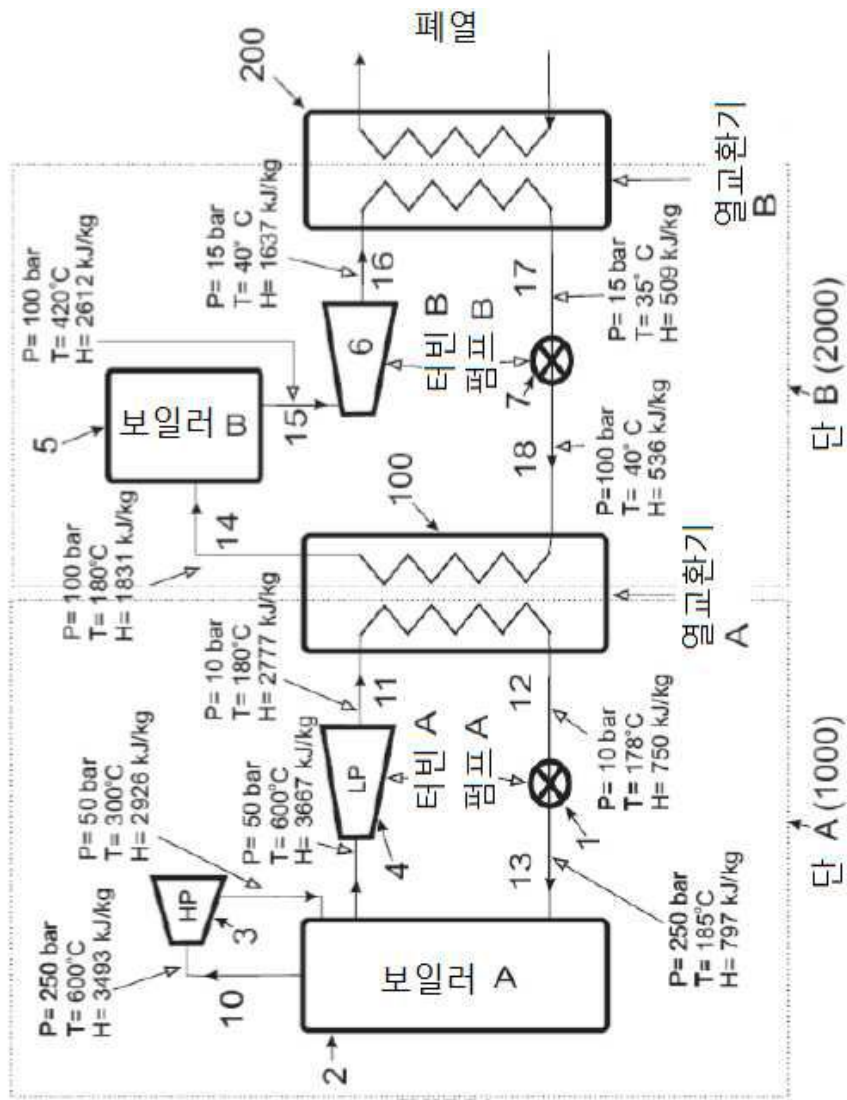
도면1



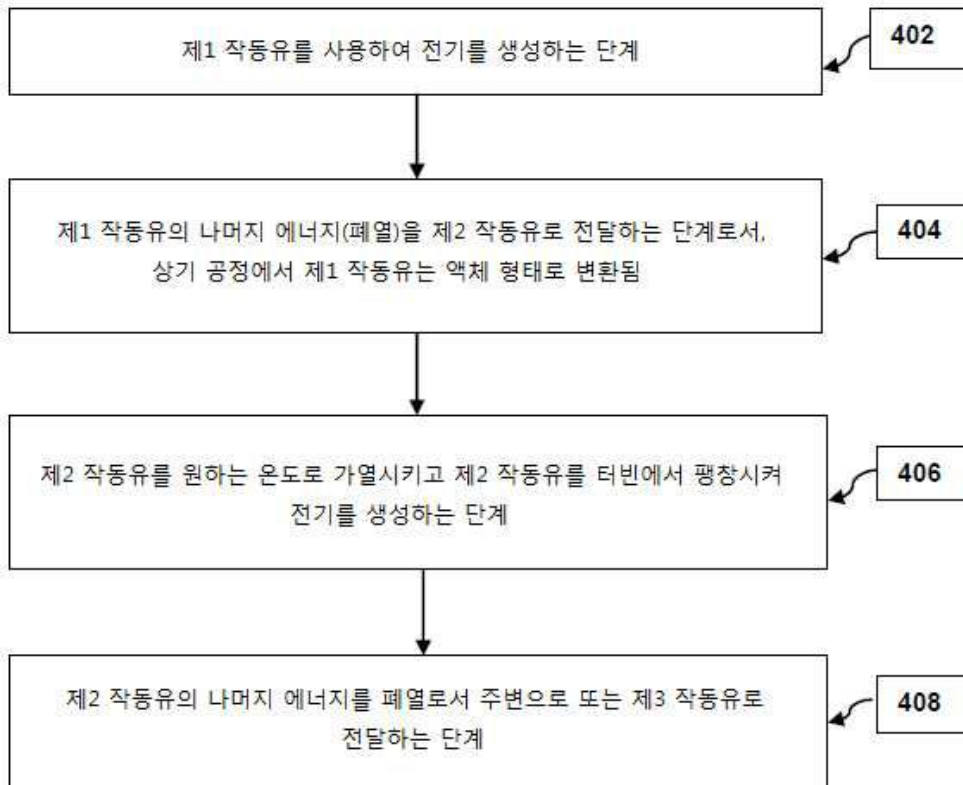
도면2



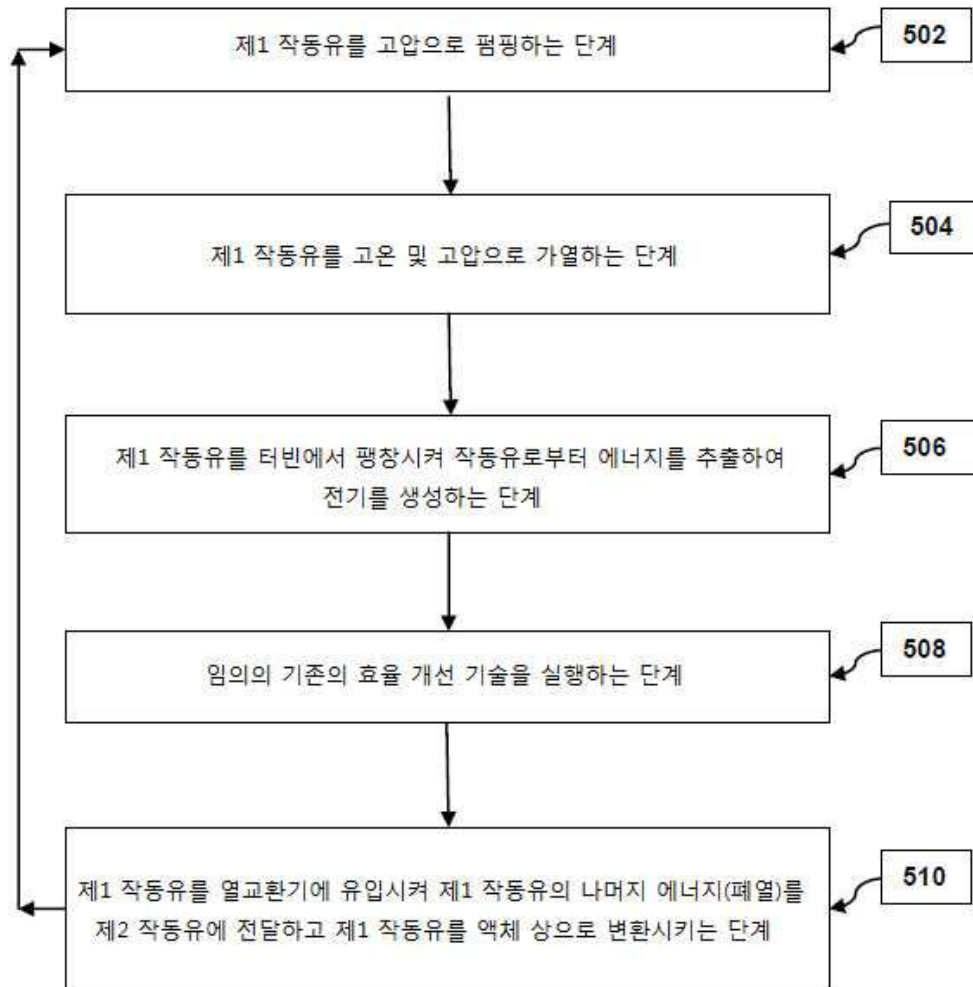
도면3



도면4



도면5



도면6

