

(72) 발명자

송오섭

대전 서구 도안북로 136, 105동 404호 (도안동, 파
렌하이트아파트)

김홍집

대전 유성구 지족로 343, 205동 1504호 (지족동,
반석마을2단지아파트)

한재영

대전광역시 유성구 유성대로821번길 31, 202호(장
대동)

김경택

경상남도 고성군 삼산면 두포리 453-6번지

이정섭

대전 서구 청사로 282, 10동 1503호 (둔산동, 수정
타운)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201206A0106312010100

부처명 교육과학기술부

연구사업명 지역혁신인력양성사업

연구과제명 5000 마력급 대용량 터보압축기 전산 최적 설계 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연구재단

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

연료전지;

수소 공급 라인을 통해 상기 연료전지로 수소를 공급하는 개질기;

상기 연료전지의 연료극과 연결된 배출 가스 라인에 설치되고, 상기 개질기에 열을 공급하는 연소기; 및

상기 연료전지와 상기 연소기 사이에서 상기 배출 가스 라인에 제공되는 수분 제거유닛을 포함하며,

상기 수분 제거유닛은, 열교환 방식으로 배출 가스를 냉각시키는 냉각수단과, 상기 냉각수단에 의해 응축되어 생긴 응축수를 상기 배출 가스로부터 분리하여 내보내는 기수 분리를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 냉각수단은,

상기 연소기로 공급되는 물 및 연료와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지는 제1 열교환기와,

상기 제1 열교환기와 상기 기수 분리기 사이에 위치하며, 상기 연료전지로 공급되는 공기와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지는 제2 열교환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 기수 분리에 의해 분리된 응축수는, 연료와 함께 상기 개질기에 공급되는 물로 사용할 수 있도록, 재순환되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 연료전지의 공기극과 연결된 공기 배출 라인으로부터 분기 라인이 분기되어 나오고, 상기 분기 라인이 상기 기수 분리기와 상기 연소기 사이의 혼합기에 접속되며, 상기 혼합기에서 상기 응축수가 제거된 배출 가스와 상기 공기극에서 배출되는 공기가 혼합되어 상기 연소기에 공급되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 5

청구항 2에 있어서, 상기 연료전지로 공급되는 공기는 상기 제1 열교환기와, 상기 배출 가스의 배기 측 열교환기와, 상기 연료전지의 공기극 출구 측 열교환기를 차례로 통과하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 6

연료전지;

수소 공급 라인을 통해 상기 연료전지로 수소를 공급하는 개질기;

상기 연료전지의 연료극과 연결된 배출 가스 라인 상에 설치되고, 상기 개질기에 열을 공급하는 화염 연소기;

상기 연료전지와 상기 화염 연소기 사이에서 상기 배출 가스 라인 상에 제공된 수분 제거유닛; 및

상기 연료전지의 공기극과 연결된 공기 배출 라인으로부터 분기되어 나와 상기 기수 분리기와 상기 화염 연소기 사이에 접속되는 분기 라인을 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 수분 제거유닛은,

상기 화염 연소기로 물 및 연료를 공급하는 물 및 연료 공급 라인과 상기 배출 가스 라인이 통과하는 제1 열교환기와,

상기 제1 열교환기와 상기 기수 분리기 사이에 위치하며, 상기 연료전지로 공기를 공급하는 공기 공급 라인과 상기 배출 가스 라인이 통과하는 제2 열교환기와,

상기 제1 열교환기 및 상기 제2 열교환기를 거치면서 응축된 상기 배출 가스 중의 응축수를 분리하여 내보내는 기수 분리기를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 연료전지 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 연소기의 가연 한계 확장 구조를 갖는 연료전지 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 연료전지는, 연료와 산화제를 투입시켜 연료와 산화제의 전기화학적 반응을 통해 전력을 발생시키는 것으로서, 대표적으로 수소-산소 연료전지가 있다.

[0003] 이러한 연료전지 중에서, 고온형 연료전지는 작동 범위가 고온이기 때문에 고가의 촉매없이 반응속도를 높일 수 있으며 연료전지 개념 중의 하나인 고유의 단순성을 효과적으로 이용할 수 있다.

[0004] 통상 고온형 연료전지를 통해 전기를 생산하는 발전 시스템, 즉, 연료전지 시스템에서 기술적 한계로 인해 스택으로 공급되는 연료는 100% 반응하지 못하고, 대략 20%-40%에 해당되는 연료가 반응물과 함께 스택의 출구로 배출된다. 반응물과 혼합된 미연 연료는 수증기가 다량으로 함유되어있는 희박 연료이므로, 이를 직접 연소시켜 연료의 에너지 활용도를 높이기 어렵다.

[0005] 이러한 연료의 에너지 활용도를 높이기 위한 방법으로, 미연 연료가 배출되는 부분에 연료를 추가하여 연소시키는 방법과, 촉매를 이용하는 반응기를 설치하는 방법이 있다. 하지만 전자(前者)의 경우는 연료전지 시스템의 효율을 매우 떨어뜨리며, 후자(後者)의 경우는 촉매 내구 온도(통상, 800~900°C) 이상으로 반응기의 작동 온도를 높이는데 제한이 따른다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 전술한 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 그 해결하고자 하는 과제는 연료전지의 연료극 출구에서 나오는 배출 가스 중 미연연료의 농도를 증가시킴으로써 연소기의 가연 한계를 확장한 연료전지 시스템을 제공하는 것이다.

[0007] 또한 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 연료극 출구에서 나오는 배출 가스 중의 수증기를 제거하는 과정에서 복수의 열교환기를 이용하고, 복수의 열교환기에서 얻은 열을 시스템 내 유체를 가열하는 열원으로 이용하여 에너지 활용도를 높인 연료전지 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따라, 연소기의 가연 한계 확장 구조를 갖는 연료전지 시스템이 제공된다. 상기 연료전지 시스템은, 연료전지와; 수소 공급 라인을 통해 상기 연료전지로 수소를 공급하는 개질기와; 상기 연료전지의 연료극과 연결된 배출 가스 라인에 설치되고, 상기 개질기에 열을 공급하는 연소기와; 상기 연료전지와 상기 연소기 사이에서 상기 배출 가스 라인에 제공되는 수분 제거유닛을 포함하며, 상기 수분 제거유닛은, 열교환 방식으로 배출 가스를 냉각시키는 냉각수단과, 상기 냉각수단에 의해 응축되어 생긴 응축수를 상기 배출 가스로부터 분리하여 내보내는 기수 분리기를 포함한다.

[0009] 일 실시예에 따라, 상기 냉각수단은, 상기 연소기로 공급되는 물 및 연료와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지는 제1 열교환기와, 상기 제1 열교환기와 상기 기수 분리기 사이에 위치하며, 상기 연료전지로 공급되는 공기와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지는 제2 열교환기를 포함한다.

[0010] 일 실시예에 따라, 상기 기수 분리기에 의해 분리된 응축수는, 연료와 함께 상기 개질기에 공급되는 물로 사용할 수 있도록, 재순환될 수 있다.

- [0011] 일 실시예에 따라, 상기 연료전지의 공기극과 연결된 공기 배출 라인으로부터 분기 라인이 분기되어 나오고, 상기 분기 라인이 상기 기수 분리기와 상기 연소기 사이의 혼합기에 접속되며, 상기 혼합기에서 상기 응축수가 제거된 배출 가스와 상기 공기극에서 배출되는 공기가 혼합되어 상기 연소기에 공급된다.
- [0012] 일 실시예에 따라, 상기 연료전지로 공급되는 공기는 상기 제1 열교환기와, 상기 배출 가스의 배기 측 열교환기와, 상기 연료전지의 공기극 출구 측 열교환기를 차례로 통과한다.
- [0013] 본 발명의 다른 측면에 따라, 화염 연소기의 가연 한계 확장 구조를 갖는 연료전지 시스템이 제공되며, 상기 연료전지 시스템은, 연료전지와; 수소 공급 라인을 통해 상기 연료전지로 수소를 공급하는 개질기와; 상기 연료전지의 연료극과 연결된 배출 가스 라인 상에 설치되고, 상기 개질기에 열을 공급하는 화염 연소기와; 상기 연료전지와 상기 화염 연소기 사이에서 상기 배출 가스 라인 상에 제공된 수분 제거유닛과; 상기 연료전지의 공기극과 연결된 공기 배출 라인으로부터 분기되어 나와 상기 기수 분리기와 상기 화염 연소기 사이에 접속되는 분기 라인을 포함한다.
- [0014] 이때, 상기 수분 제거유닛은, 상기 화염 연소기로 물 및 연료를 공급하는 물 및 연료 공급 라인과 상기 배출 가스 라인이 통과하는 제1 열교환기와, 상기 제1 열교환기와 상기 기수 분리기 사이에 위치하며, 상기 연료전지로 공기를 공급하는 공기 공급 라인과 상기 배출 가스 라인이 통과하는 제2 열교환기와, 상기 제1 열교환기 및 상기 제2 열교환기를 거치면서 응축된 상기 배출 가스 중의 응축수를 분리하여 내보내는 기수 분리기를 포함한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명에 따르면, 연료전지의 연료극 출구에서 나오는 배출 가스 중 미연연료의 농도를 증가시킴으로써 연소기의 가연 한계를 크게 확장시킬 수 있다. 이러한 방법을 통하여 추가의 연료공급 없이 배출 가스를 직접 연소시킬 수 있으며, 촉매를 사용하여 연소 시 촉매의 내구성으로 인한 작동온도 제한을 고려하지 않게 된다. 따라서 연료의 열에너지 활용을 통하여 연료전지 시스템의 효율을 향상시킬 수 있다. 즉, 연료극 출구 가스에는 60% 이상의 수증기와 30% 이상의 이산화탄소가 포함되어 있는데, 본 발명은 이 중 수증기의 상당 부분을 제거하여 직접 연소가 가능한 조건을 만든다.
- [0016] 또한, 본 발명은 배출 가스 중에 수분을 제거하는 데 있어서, 응축기를 이용하는 대신, 기수 분리기와 함께, 제1 및 제2 열교환기를 이용하는데, 이와 같이 할 경우, 연료극 출구 가스, 즉, 배출 가스 중의 열을 회수하여, 연료전지 시스템의 동작에 필요한 열원으로 이용할 수 있다. 따라서, 연료전지 시스템의 효율 측면에서 열의 활용도가 향상된다.
- [0017] 본 발명의 특징들에 따른 효과를 나열하면 다음과 같다.
- [0018] (1) 연료전지의 출구 가스에 포함된 미연연료를 추가 연료 공급 없이 직접 화염 연소시킬 수 있다.
- [0019] (2) 복수의 열교환기를 통하여 연료극 출구 가스를 응축시킴으로써 연료전지 시스템으로 고온 열을 회수할 수 있다.
- [0020] (3) 기수 분리기 통해 분리된 응축수를 재순환시켜 개질기의 공급수로 사용함으로써 연료전지 시스템의 효율을 증가시킨다.
- [0021] 또한 본 발명은 다음과 같은 용도로 유용하게 적용될 수 있다.
- [0022] (1) 저질 합성가스의 연료 농도 개선을 통한 고효율 연소
- [0023] (2) 통상적인 공기 연소 방법으로는 연소 불가능한 저질 가스 연소 가능
- [0024] (3) 연료 농도 향상 과정을 통한 폐열 회수

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템을 설명하기 위한 구성도이고,
 도 2는 도 1에 도시된 연료전지 시스템의 주요 구성을 도시한 블록 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 다음에 소개되는 실시예는 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위한 예로서 제공되는 것이다. 따라서 본 발명

은 이하 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템을 설명하기 위한 구성도이고, 도 2는 도 1에 도시된 연료전지 시스템의 주요 구성을 도시한 블록 구성도이다.
- [0028] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 연료전지 시스템은 연료전지(2)와, 수소 공급 라인(101)을 통해 상기 연료전지(2) 측으로 수소를 공급하는 개질기(3)와, 상기 연료전지(2)의 연료극과 연결된 배출 가스 라인(102) 상에 설치된 화염 연소기(4) 등을 포함한다.
- [0029] 또한 본 실시예에 따른 연료전지 시스템은 물 및 연료 공급 라인(103)을 통해 서로 혼합된 물과 연료를 상기 개질기(5)에 공급하는 물 및 연료 공급유닛(6)을 포함한다. 상기 물 및 연료 공급유닛(6)은 연료 압축기(62), 물 펌프(64) 그리고 상기 연료 압축기(62)를 통해 공급된 연료와 물 펌프(64)를 통해 공급된 물을 혼합하는 믹서(66)를 포함한다.
- [0030] 또한 본 실시예에 따른 연료전지 시스템은 공기 압축기(7)를 포함하며, 상기 공기 압축기(7)로부터 나온 압축 공기는 공기 공급 라인(104)을 통해 연료전지(2)의 공기극으로 공급된다.
- [0031] 또한 본 실시예에 따른 연료전지 시스템은 상기 연료전지(2)와 상기 화염 연소기(4) 사이에서 상기 배출 가스 라인(102) 상에 마련된 수분 제거유닛(8)을 포함한다. 그리고, 상기 수분 제거유닛(8)은 연료극 배출 가스를 냉각시켜 배출 가스 내 수증기를 응축시키기 위한 열교환기(81a, 81b)와, 상기 응축에 의해 생긴 수분을 제거하기 위한 기수 분리기(82)를 포함한다.
- [0032] 상기 수분 제거유닛(8)의 열교환기들(81a, 81b)은 상기 배출 가스 라인(3)의 하류 측을 향해 차례로 설치되는 제1 열교환기(81a)와 제2 열교환기(81b)를 포함한다. 또한 상기 기수 분리기(82)는, 상기 제1 및 제2 열교환기(81a, 81b)를 거치면서 냉각, 응축된 연료극 배출 가스 중의 수분을 제거하는 것으로서, 상기 제2 열교환기(81b)와 화염 연소기(4) 사이에 위치한다.
- [0033] 연료전지(2)의 연료극으로부터 고온(대략, 800~900℃)의 반응물인 배출 가스가 배출되며, 상기 배출 가스는 대략 H₂O 60%, CO₂ 32%, CO, H₂, CH₄ 8%의 조성으로 구성되어 있다. 따라서 연료 성분의 농도를 증가시키기 위해서는 가장 많은 부피를 차지하고 있는 불활성 기체인 수분이 제거되어야 한다.
- [0034] 앞에서 설명한 바와 같이, 수분 제거유닛(8)은, 응축기를 이용하지 않는 대신, 제1 및 제2 열교환기(81a, 81b)로 배출 가스를 냉각시켜, 배출 가스 중의 수증기를 응축시키고, 상기 제1 및 제2 열교환기(81a, 81b)의 하류측에 후속하는 기수 분리기(82)로 배출 가스 내 수분을 분리한다. 이러한 수분 제거유닛(8)의 구성은 수분 제거 기능 뿐 아니라 시스템 내 온도 상승이 요구되는 유체에 대하여 상기 제1 및 제2 열교환기(81a, 81b)에서 적정 온도의 열을 제공하여 에너지 효율을 높이는데 기여한다.
- [0035] 상기 제1 열교환기(81a)는, 상기 제2 열교환기(81b)에 대하여 상류 측에서, 배출 가스 라인(102)과 물 및 연료 공급 라인(103)이 열적으로 만나 열교환이 이루어지는 구간에 설치된다. 상기 배출 가스 라인(102)과 물 및 연료 공급 라인(103)이 상기 제1 열교환기(81a)를 통과하면서 상기 물 및 연료와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지며, 이에 따라, 상기 배출 가스는 1차로 냉각되고 상기 물 및 연료는 가열되어 그 온도가 상승한다.
- [0036] 또한 상기 제2 열교환기(81b)는, 상기 제1 열교환기(81a)에 대하여 하류 측에서, 상기 배출 가스 라인(102)과 상기 공기 공급 라인(104)이 열적으로 만나 열교환이 이루어지는 구간에 설치된다. 상기 배출 가스 라인(102)과 상기 공기 공급 라인(104)은 상기 제2 열교환기(81b)를 통과하면서 상온의 공기와 상기 배출 가스 사이에 열교환이 이루어지며, 상기 배출 가스는 2차 냉각되어 수증기의 온도가 물로 응축되는 온도까지 내려가고, 공기의 온도는 상온보다 높은 온도로 상승한다. 위와 같은 구성은 연료와 함께 공급되는 물을 증발시키거나 공기를 예열할 시 요구되는 추가의 열원을 생략토록 해주는 이점을 제공한다.
- [0037] 앞에서 설명한 바와 같이, 상기 제1 및 제2 열교환기(81a, 81b)를 통하여 냉각된 연료극 출구 가스, 즉 배출 가스는 전술한 기수분리기(82)로 유입되어, 응축수와 미연연료가 포함된 기체로 분리되는데, 통상 기수분리기(82)의 수분 제거율은 약 80% 이상이며 다량의 수증기가 제거되면서 연료극 출구 가스, 즉 배출 가스의 미연연료 농도를 크게 높여줄 수 있다.
- [0038] 상기 기수 분리기(82)는 기수 드림 속에서 발생하는 증기 내의 함유 수분을 분리 제거하도록 구성될 수 있다. 기수 분리는 증기 흐름의 방향 전환, 원심력 작용, 충격 작용 등으로 행해질 있다. 상기 기수 분리기(82)로는 원심식 기수 분리기, 반전식 기수 분리기 등 다양한 구조의 것이 이용될 수 있다.

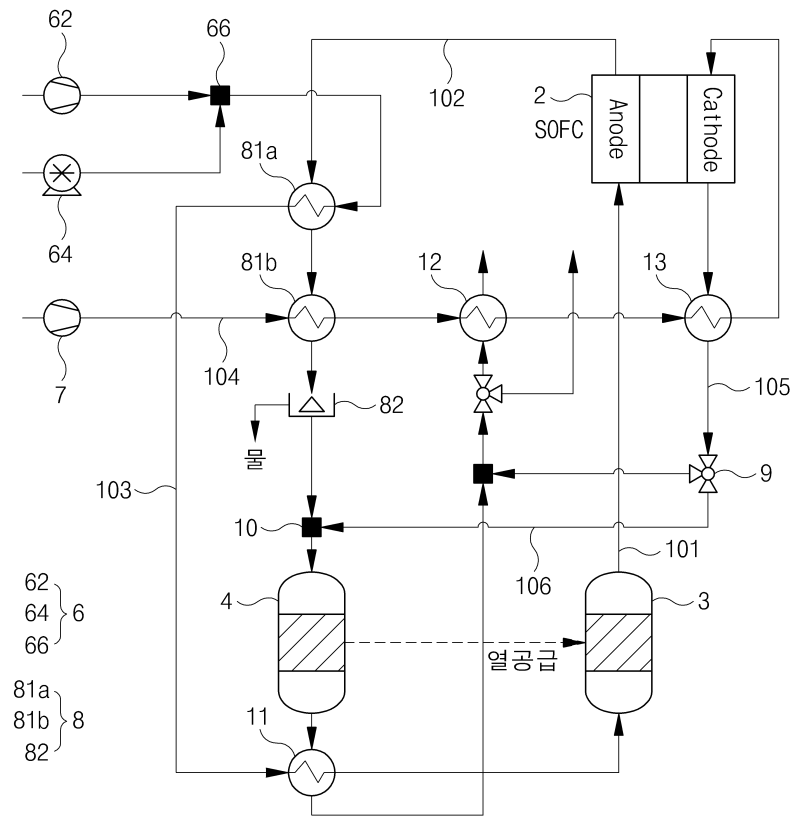
- [0039] 상기 기수 분리기(82)를 통해 배출 가스로부터 분리된 응축수는 시스템 밖으로 배출되거나, 또는 개질기(3)에 공급되는 물로 이용 가능하기 때문에 재순환시켜 사용할 수 있다.
- [0040] 한편, 본 실시예에 따른 연료전지 시스템은 연료전지(2)의 공기극과 연결된 공기 배출 라인(105)을 포함하며, 상기 공기 배출 라인(105) 상의 3 방향 밸브(9)에 의해, 분기 라인(105a)이 상기 공기 배출 라인(105)으로부터 분기되어, 상기 수분 제거유닛(8)의 기수 분리기(82)와 상기 화염 연소기(4) 사이의 혼합기(10)에 접속된다. 상기 혼합기(10)에서, 응축수가 제거된 가스, 즉, 미연연료가 포함된 기체가 공기극에서 배출되는 공기(산화제)와 혼합되어, 상기 화염 연소기(4)로 공급됨으로써, 직접 연소가 이루어진다.
- [0041] 따라서 연료극 배출 가스를 화염 연소기(4)로 직접 연소시킬 수 있으며, 따라서, 기존 촉매 연소기의 작동 온도(850℃)보다 고온(1000~1300℃)으로 화염 연소기(4)를 작동시킬 수 있는 이점이 있다. 또한 화염 연소기(4)를 운전함에 있어서, 추가의 연료가 공급되지 않기 때문에, 연료전지 시스템 효율을 더 향상시킬 수 있다.
- [0042] 물 및 연료는 앞에서 설명한 제1 열교환기(81a)를 통과하여 예열된 후 상기 화염 연소기(4) 후단 측 열교환기(11)를 통과하면서 개질기(3)에 공급되기에 적합한 높은 온도로 충분히 가열된다. 배출 가스의 배기 측 열교환기(12)는 전술한 공기 공급 라인(104)을 통과시키며, 따라서, 수분 제거유닛(8)의 제2 열교환기(81b)를 통과하면서 1차 예열된 공기의 온도가 2차 가열되어 더욱 상승한다. 상기 공기 공급 라인(104)은 최종으로 상기 공기 배출 라인(105) 상의 열교환기(13)를 통과한 후 연료전지(2) 내로 공급된다.

부호의 설명

- [0043]
- | | |
|-------------------------|----------------|
| 2: 연료전지 | 3: 개질기 |
| 4: 연소기(화염 연소기) | 6: 물 및 연료 공급유닛 |
| 7: 공기 압축기 | 8: 수분 제거유닛 |
| 81a, 81b: 수분 제거유닛의 열교환기 | |
| 82: 기수 분리기 | |

도면

도면1



도면2

