



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년07월07일  
 (11) 등록번호 10-1637642  
 (24) 등록일자 2016년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01M 8/04 (2016.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0039728  
 (22) 출원일자 2014년04월03일  
 심사청구일자 2014년04월03일  
 (65) 공개번호 10-2015-0115164  
 (43) 공개일자 2015년10월14일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2010044911 A  
 KR1020090070838 A  
 KR1020120061196 A  
 JP2006134806 A

(73) 특허권자  
 현대자동차주식회사  
 서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
 (72) 발명자  
 권부길  
 경기도 수원시 팔달구 팔달문로 183 동도센트리움  
 아파트 102동 202호  
 이현준  
 경기도 용인시 기흥구 한보라1로64번길 22 삼성래  
 미안아파트 106동 1004호  
 심효섭  
 경기도 수원시 장안구 정자천로188번길 21  
 정자KTe-편한세상아파트 102동 704호  
 (74) 대리인  
 한라특허법인(유한)

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김성호

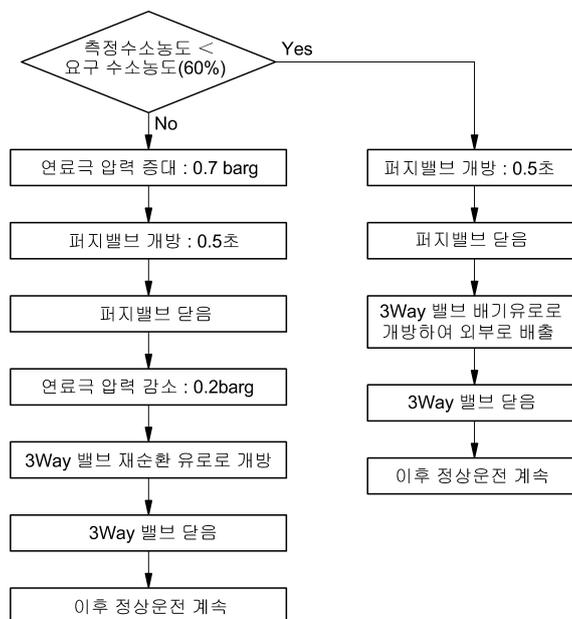
(54) 발명의 명칭 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법

**(57) 요약**

본 발명은 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 연료극의 수소농도 측정을 통하여 스택으로부터 퍼지되는 수소가스의 재순환 또는 외부 배출을 결정할 수 있도록 한 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

**대표도 - 도3**



즉, 본 발명은 수소퍼지밸브의 후단에 퍼지챔버와 3방향 밸브를 차례로 연결하고, 스택의 연료극 출구에 수소농도센서를 장착하여, 연료극의 측정 수소농도(현재 수소농도)가 요구 수소농도(임계치)보다 높을 경우 연료극에서 퍼지되어 퍼지챔버내에 모아진 수소를 연료극의 입구로 재순환시켜 공급하고, 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우에는 연료극에서 퍼지되어 퍼지챔버내에 모아진 수소를 외부로 배출할 수 있도록 함으로써, 스택의 연료극 내의 응축수 배출시 함께 외부로 배출되어 손실되던 수소(연료)량을 최소화하여 연비 향상을 도모할 수 있는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법을 제공하고자 한 것이다.

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

연료극의 수소농도를 측정하여, 측정 수소농도와 요구 수소농도를 비교하는 단계와;

요구 수소농도가 측정 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 외부로 배출시키는 수소퍼지 단계와;

연료극내에 물 잔류량이 기준량 이상인지 판단하는 플러딩 판단 단계와;

플러딩 상태로 확정되는 동시에 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시키는 수소재순환 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 수소퍼지 단계는:

연료극과 연결된 수소퍼지밸브를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과;

제1일정시간이 종료되면, 수소퍼지밸브를 닫아주는 과정과;

수소퍼지밸브의 출구와 연결된 퍼지챔버내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브의 개방시간 동안 일시 저장되는 과정과;

퍼지챔버의 출구와 연결된 3방향 밸브를 외기쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버내의 수소를 외부로 배출시키는 과정과;

제2일정시간이 종료되면, 3방향 밸브를 닫아주는 과정;

으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 수소재순환 단계는:

연료극의 운전압력을 압력 증가범위내에서 증가시키는 과정과;

연료극과 연결된 수소퍼지밸브를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과;

제1일정시간이 종료되면, 수소퍼지밸브를 닫아주는 과정과;

수소퍼지밸브의 출구와 연결된 퍼지챔버내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브의 개방시간 동안 일시 저장되는 과정과;

연료극의 운전압력을 압력 감소범위내에서 감소시키는 과정과;

퍼지챔버의 출구와 연결된 3방향 밸브를 연료극의 입구쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버내의 수소를 연료극으로 재순환시키는 과정과;

제2일정시간이 종료되면, 3방향 밸브를 닫아주는 과정;

으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 6

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 수소퍼지밸브를 개방시키는 제1일정시간은 0.1 ~ 5초 범위로 결정되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 7

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 3방향 밸브를 개방시키는 제2일정시간은 퍼지챔버내의 수소가 모두 배출되는 시간으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 8

청구항 3에 있어서,

상기 수소재순환 단계가 진행될 때,

연료극으로부터 수소와 함께 배출되는 물은 수소퍼지밸브 이전에 배치되는 워터트랩에 가두어져 일정 시점에 외부로 배출되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 9

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 퍼지챔버의 용량은 연료극의 운전압력 증가에 비례하여 증대된 것으로 채택하되, 연료극의 운전압력 증대 범위 및 감소범위에 따라 0.5 ~ 5L 용량 범위의 것으로 채택되는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

#### 청구항 10

청구항 5에 있어서,

상기 연료극의 운전압력 증가범위는 0.3 ~ 2.0 barg 이고, 운전압력 감소범위는 0.05 ~ 1.0 barg 인 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 연료극의 수소 농도 측정을 통하여 스택으로부터 퍼지되는 수소가스의 재순환 또는 외부 배출을 결정할 수 있도록 한 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 연료전지 차량에 탑재되는 연료전지 시스템은 연료전지 스택에 수소(연료)를 공급하는 수소공급시스템과, 연료전지 스택에 전기화학반응에 필요한 산화제인 공기중의 산소를 공급하는 공기공급시스템과, 수소 및 산소의 전기화학적 반응에 의거 전기를 생성하도록 다수의 단위 셀이 적층 결합된 연료전지 스택(이하, 스택이라 칭함)과, 연료전지 스택의 전기화학적 반응열을 제거하는 동시에 스택의 운전온도를 제어하는 열 및 물관리 시스템 등을 포함하여 구성되어 있다.
- [0003] 상기 연료전지 시스템 중 연료공급시스템의 동작을 첨부한 도 5를 참조로 살펴보면, 수소탱크(10)로부터 고압레귤레이터(11) 및 수소공급밸브(12, 열림 상태)를 통과한 수소(연료)가 분사압을 제공하는 이젝터(13)를 통하여 연료전지 스택(20)의 연료극(anode)으로 들어간 후, 전기 생성을 위한 반응을 마친 다음, 일부는 연료극으로 재순환되고 나머지는 수소퍼지밸브(22)를 거쳐 배출되는 수소 퍼지가 이루어진다.
- [0004] 즉, 수소 퍼지시 수소 재순환 블로워(21)의 작동에 의하여 스택(20)에서 배출된 수소의 일부는 스택(20)의 연료극으로 재순환되고, 나머지는 수소퍼지밸브(22)를 통하여 외부로 배출된다.
- [0005] 이러한 연료전지 시스템의 운전 중, 연료극에 질소가 누적되어 수소의 농도가 낮아지는데, 수소 농도가 지나치게 하락하는 경우, 스택에서 셀 빠짐이나 촉매지지체의 부식 등과 같은 문제점이 발생하므로, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 상기와 같이 주기적으로 수소퍼지밸브를 개방하여 연료극의 수소농도를 일정 수준이상으로 관리하는 수소 퍼지가 이루어지고 있다.
- [0006] 한편, 상기 스택의 공기극에 공급된 공기가 유로를 따라 이동하여 수소와 반응할 때, 공기극 등에서 물이 발생된다.
- [0007] 이때, 발생된 물이 역확산(Back diffusion)되어 연료극의 촉매층/촉매지지층/가스확산층/연료극 채널 등에 응축수로 잔존하면서 수소와 공기의 흐름을 방해하므로, 이를 적절하게 배출시키지 않을 경우 상기와 같이 스택에서 셀 빠짐이나 촉매지지체의 부식 등과 같은 동일한 문제점을 야기시킨다.
- [0008] 이에, 상기와 같은 수소 퍼지시 물이 함께 배출되어 워터트랩(30) 장치에 모인 후, 워터트랩의 하부에 장착된 응축수 배출밸브(32)의 열림 제어시 외부로 배출된다.
- [0009] 이와 같이, 연료전지 시스템에서 연료극의 수소퍼지는 연료극의 수소농도 유지 및 연료극내의 잔존 응축수 배출을 주된 목적으로 하지만, 잔존 응축수 배출시 수소농도가 요구수준보다 높을 경우에도 응축수 뿐만 아니라 수소도 배출되기 때문에 연비저하를 더욱 가속화시킬 수 있고, 결국 수소 퍼지시 수소가 외부로 배출되기 때문에 연비저하를 초래하는 문제점이 있다.
- [0010] 또한, 상기 수소퍼지밸브 개방시에 상당량의 수소가 배출될 수 밖에 없는데, 수소의 경우 4 ~ 75%의 농도범위에서는 화염원이 존재할 경우 발화될 수 있으므로, 이를 해소시키기 위해 연료극에서 배출되는 수소의 농도를 일정 수준 이하로 낮춰서 대기중으로 방출하는 방법을 반드시 적용해야 하는 번거로움이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 점을 해결하기 위하여 안출한 것으로서, 수소퍼지밸브의 후단에 퍼지챔버와 3방향 밸브를 차례로 연결하고, 스택의 연료극 출구에 수소농도센서를 장착하여, 연료극의 측정 수소농도(현재 수소농도)가 요구 수소농도(임계치)보다 높을 경우 연료극에서 퍼지되어 퍼지챔버내에 모아진 수소를 연료극의 입구로 재순환시켜 공급하고, 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우에는 연료극에서 퍼지되어 퍼지챔버내에 모아진 수소를 외부로 배출할 수 있도록 함으로써, 스택의 연료극 내의 응축수 배출시 함께 외부로 배출되어 손실되던 수소(연료)량을 최소화하여 연비 향상을 도모할 수 있는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은: 스택의 수소퍼지라인에 연결되는 수소퍼지밸브와; 수소퍼지라인으로부터 분기된 수소 재순환라인과 연결되어 스택에 연료를 공급하는 이젝터와; 수소퍼지라인에 연결되어 수소와 함께 퍼지되는 물을 가두어 배출시키는 워터트랩을 포함하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치에 있어서, 상기 수소퍼지라인을 통하여 퍼지되는 수소를 일시 저장하도록 수소퍼지밸브의 출구에 퍼지챔버를 연결하고, 상기 퍼지챔버의 출구에는 퍼지된 수소를 외기로 배출시키거나 또는 이젝터로 재공급하도록 개폐 제어되는 3방향 밸브를 장착하여서 된 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치를 제공한다.
- [0013] 상기 수소퍼지라인에는 연료극의 수소 농도를 측정하는 수소농도센서가 장착된 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은: 연료극의 수소농도를 측정하여, 측정 수소농도와 요구 수소농도를 비교하는 단계와; 요구 수소농도가 측정 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 외부로 배출시키는 수소퍼지 단계와; 연료극내에 물 잔류량이 기준량 이상인지 판단하는 플러딩 판단 단계와; 플러딩 상태로 확정되는 동시에 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시키는 수소재순환 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법을 제공한다.
- [0015] 본 발명의 바람직한 구현예에 따른 상기 수소퍼지 단계는: 연료극과 연결된 수소퍼지밸브를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과; 제1일정시간이 종료되면, 수소퍼지밸브를 닫아주는 과정과; 수소퍼지밸브의 출구와 연결된 퍼지챔버내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브의 개방시간 동안 일시 저장되는 과정과; 퍼지챔버의 출구와 연결된 3방향 밸브를 외기쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버내의 수소를 외부로 배출시키는 과정과; 제2일정시간이 종료되면, 3방향 밸브를 닫아주는 과정; 으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 바람직한 구현예에 따른 상기 수소재순환 단계는: 연료극의 운전압력을 압력 증가범위내에서 증가시키는 과정과; 연료극과 연결된 수소퍼지밸브를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과; 제1일정시간이 종료되면, 수소퍼지밸브를 닫아주는 과정과; 수소퍼지밸브의 출구와 연결된 퍼지챔버내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브의 개방시간 동안 일시 저장되는 과정과; 연료극의 운전압력을 압력 감소범위내에서 감소시키는 과정과; 퍼지챔버의 출구와 연결된 3방향 밸브를 연료극의 입구쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버내의 수소를 연료극으로 재순환시키는 과정과; 제2일정시간이 종료되면, 3방향 밸브를 닫아주는 과정; 으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 수소퍼지밸브를 개방시키는 제1일정시간은 0.1 ~ 5초 범위로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 3방향 밸브를 개방시키는 제2일정시간은 퍼지챔버내의 수소가 모두 배출되는 시간으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 수소재순환 단계가 진행될 때, 연료극으로부터 수소와 함께 배출되는 물은 수소퍼지밸브 이전에 배치되는 워터트랩에 가두어져 일정 시점에 외부로 배출되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 바람직하게는, 상기 퍼지챔버의 용량은 연료극의 운전압력 증가에 비례하여 증대된 것으로 채택하되, 연료극의 운전압력 증대범위 및 감소범위에 따라 0.5 ~ 5L 용량 범위의 것으로 채택되는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 연료극의 운전압력 증가범위는 0.3 ~ 2.0 barg 이고, 운전압력 감소범위는 0.05 ~ 1.0 barg 인 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0022] 상기한 과제 해결 수단을 통하여, 본 발명은 다음과 같은 효과를 제공한다.
- [0023] 본 발명에 따르면 수소퍼지밸브의 후단에 퍼지챔버와 3방향 밸브를 차례로 연결하고, 스택의 연료극 출구에 수소농도센서를 장착하여, 연료극의 측정 수소농도(현재수소농도)가 요구 수소농도(임계치)보다 높을 경우 연료극의 압력을 증가시키는 제어를 통하여 퍼지되는 수소를 연료극으로 재순환하여 공급함으로써, 연비 향상을 도모할 수 있다.
- [0024] 즉, 기존에 연료극 내의 응축수 배출시 함께 외부로 배출되어 손실되던 수소(연료)를 연료극으로 재순환시켜 공

급함으로써, 수소 사용량을 절감하는 동시에 연비 향상을 도모할 수 있다.

- [0025] 또한, 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우, 연료극의 운전압력 제어없이 연료극에서 퍼지되는 수소를 외부로 그대로 배출하는 수소 퍼지가 이루어지도록 함으로써, 수소탱크로부터 연료극으로 새롭게 공급되는 수소에 의하여 연료극의 수소농도를 임계치 수준으로 용이하게 증가시킬 수 있다.
- [0026] 또한, 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우에 연료극에서 퍼지되는 수소(농도가 낮은 수소)를 외부로 배출하므로, 외부로 배출되는 수소의 농도를 요구되는 수준(법규 기준 : 3초 평균 4% 이내, 최대 8% 이내)을 충족시키는 동시에 화염원으로 발화되는 것을 방지할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0027] 도 1은 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치를 나타낸 구성도,
- 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법에 대한 개념을 나타낸 순서도,
- 도 3은 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법을 구체적으로 나타낸 순서도,
- 도 4는 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법으로서, 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 큰 경우의 제어에 대한 일 실시예를 나타낸 순서도,
- 도 5은 종래의 연료전지 시스템의 수소공급계 및 수소 퍼지를 위한 구성을 나타낸 구성도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조로 상세하게 설명하기로 한다.
- [0029] 첨부한 도 1은 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 수소탱크(10)로부터 고압레귤레이터(11) 및 수소공급밸브(12, 열림 상태)를 통과한 수소(연료)가 분사압을 제공하는 이젝터(13)를 통하여 연료전지 스택(20)의 연료극(anode)으로 들어간 후, 전기 생성을 위한 반응을 마친 다음, 일부는 연료극으로 재순환되고 나머지는 수소퍼지밸브(22)를 거쳐 배출되는 수소 퍼지가 이루어진다.
- [0031] 기존에는 수소 퍼지시 수소 재순환 블로워(21)의 작동에 의하여 스택(20)의 연료극에서 퍼지되는 수소가 연료극의 운전압력 및 수소 농도에 관계없이 스택(20)의 연료극으로 재순환되고, 나머지는 수소퍼지밸브(22)를 통과하여 외부(외기)로 배출된다.
- [0032] 본 발명은 위와 같은 연료극의 수소퍼지에 관한 것으로서, 연료극의 수소농도에 따라 운전압력을 제어하되, 구체적으로는 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도(임계치)보다 높을 경우 연료극에서 퍼지되는 수소를 연료극으로 재순환시킴으로써, 외부로 배출되어 손실되던 수소(연료)를 연료극으로 재순환시켜 수소 사용량을 절감하는 동시에 연비 향상을 도모할 수 있는 점, 그리고 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우에는 연료극의 수소농도를 증가시키기 위하여 연료극에서 퍼지되는 수소를 외부로 배출시키는 동시에 외부 배출시 화염원으로 발화되는 것을 방지할 수 있도록 한 점 등에 주안점이 있다.
- [0033] 이를 위해, 상기 스택(20)의 연료극에 연결된 수소퍼지라인(23)을 통하여 연료극내의 수소가 퍼지될 때, 퍼지되는 수소를 일시 저장하도록 수소퍼지밸브(22)의 출구에 일정 용량의 퍼지챔버(24)가 연결되고, 또한 상기 퍼지챔버(24)의 출구에는 퍼지된 수소를 외기로 배출시키거나 또는 이젝터를 통하여 연료극으로 재공급하도록 수소의 흐름방향을 개폐 제어하는 3방향 밸브(25)가 장착된다.
- [0034] 또한, 상기 수소퍼지라인(23)에는 스택(20)의 연료극내 수소 농도를 측정하여 연료전지 시스템의 전반적인 운전 제어를 위한 제어기(미도시됨)로 전송하는 수소농도센서(26)가 장착된다.
- [0035] 여기서, 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0036] 첨부한 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법에 대한 개념을 나타낸 순서도이고, 도 3은 본 발명에 따른 연료전지 시스템의 연료극 운전제어 방법을 구체적으로 나타낸 순서도이다.
- [0037] 먼저, 연료전지 시스템의 운전 중, 연료극의 수소농도를 수소농도센서(26)에서 측정하여 제어기에 전송하면, 제어기에서 측정 수소농도(연료극의 현재 수소농도)와 요구 수소농도(연료극의 목표 수소농도)를 비교하는 단계가

진행된다.

- [0038] 이때, 상기 스택의 연료극내 수소농도가 40% 이하로 낮아질 경우, 전술한 밀도의 경우와 동일하게 스택의 고출력 밀도를 유지할 수 없으며, 이는 촉매층으로 유입되는 수소의 확률이 감소하기 때문이다.
- [0039] 그리고, 연료극의 경우 공기극에서 넘어오는 질소가 항상 일부 포함되기 때문에 연료극에는 일정비율 이상의 질소농도가 존재하게 되므로, 본 발명에서는 요구 수소농도(목표수소농도)를 40 ~ 95%로 한정하여 연료극의 운전 제어가 이루어지도록 한다.
- [0040] 비교 결과, 상기 요구 수소농도가 측정 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 외부로 배출시키는 수소퍼지 단계가 진행된다.
- [0041] 다시 말해서, 상기 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우, 연료극에 대한 운전압력 제어없이 연료극에서 퍼지되는 수소를 외부로 그대로 배출하는 수소 퍼지가 이루어진다.
- [0042] 이를 위해, 먼저 상기 연료극과 연결된 수소퍼지밸브(22)를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과, 제1일정시간이 종료되면 수소퍼지밸브(22)를 닫아주는 과정이 진행된다.
- [0043] 바람직하게는, 상기 수소퍼지밸브(22)를 개방시키는 제1일정시간은 0.1 ~ 5초 범위로 결정되며, 그 이유는 수소퍼지밸브(22)의 개방 시간이 0.1초 보다 짧을 경우에는 퍼지밸브 개방에 따른 유량변동이 매우 작아지기 때문에 응축수 배출효과를 기대하기 어려우며, 반면 개방시간이 5초 이상일 경우에는 효율적인 수소농도 관리가 어렵기 때문에 수소퍼지밸브의 개방시간 범위를 0.1 ~ 5.0초로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0044] 이때, 상기 수소퍼지밸브(22)의 출구와 연결된 퍼지챔버(24)내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브(22)의 개방시간 동안 일시 저장되며, 물론 저장 기간 동안 3방향 밸브(25)의 출구는 닫힘 상태로 유지된다.
- [0045] 이어서, 상기 수소퍼지밸브(22)의 닫힘과 동시에 퍼지챔버(24)의 출구와 연결된 3방향 밸브(25)를 외기쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버(24)내의 수소를 외부로 배출시키는 과정이 진행되고, 제2일정시간이 종료되면 3방향 밸브를 닫아주게 되며, 이때 제2일정시간은 퍼지챔버(24)내의 수소가 모두 배출되는 시간으로 결정되도록 한다.
- [0046] 따라서, 위와 같이 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우, 수소탱크로부터 연료극으로 새롭게 공급되는 수소에 의하여 연료극의 수소농도를 목표치(임계치) 수준으로 용이하게 증가시킬 수 있도록 연료극에 대한 운전압력 제어없이 연료극에서 퍼지되는 수소를 외부로 그대로 배출하는 수소 퍼지가 이루어진다.
- [0047] 또한, 상기 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 낮을 경우에 연료극에서 퍼지되는 수소 즉, 농도가 낮은 수소를 외부로 배출하므로, 외부로 배출되는 수소의 농도를 요구되는 수준(법규 기준 : 3초 평균 4% 이내, 최대 8% 이내) 즉, 화염원으로 발화되는 것을 방지할 수 있는 수준을 만족시킬 수 있다.
- [0048] 반면, 상기한 비교 결과, 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시키는 수소재순환 단계가 진행된다.
- [0049] 바람직하게는, 상기 연료극내에 물 잔류량이 기준량 이상인지 판단하는 플러딩(flooding) 판단 단계 후, 연료극내에 물이 기준량 이상인 플러딩 상태로 확정되는 동시에 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시키는 수소재순환 단계가 진행된다.
- [0050] 참고로, 상기 플러딩 판단 로직의 일례로서, 물로 인하여 수소와 공기의 흐름이 방해되어 연료전지 스택의 전체 셀 중, 일부 셀의 전압이 강하되는 경우에 플러딩이 발생된 것으로 확정할 수 있다.
- [0051] 고체 고분자 연료전지의 경우 연료전지스택의 사용압력은 0.05 ~ 2.0 barg 로 유지하여야 하는 바, 그 이유는 0.05barg 보다 낮을 경우 연료인 수소의 밀도가 낮기 때문에 확산속도의 저하가 발생하며, 이로 인해 고출력밀도를 얻을 수 없기 때문이고, 반면 2.0barg를 초과할 경우 스택의 기밀유지 성능을 보장하기 어렵고, 고압력으로 인해 전해질의 손상을 야기할 수 있을 뿐만 아니라, 고압력을 형성시키기 위해 소모되는 부가적인 전력소모로 인해 효율적인 시스템 구성이 어렵기 때문이다.
- [0052] 이에, 본 발명에 따른 수소 재순환 단계는 연료극의 사용압력 범위를 0.05 ~ 2.0barg 로 한정하여, 이 범위내에서 압력제어를 통해 연료극 내의 응축수를 수소퍼지밸브의 개폐를 이용하여 워터트랩으로 유인하고, 퍼지챔버에는 수소가 함유된 가스를 일시적으로 저장한 후, 3방향(way) 밸브를 이용하여 연료극으로 재순환하도록 한 점에 주안점이 있다.

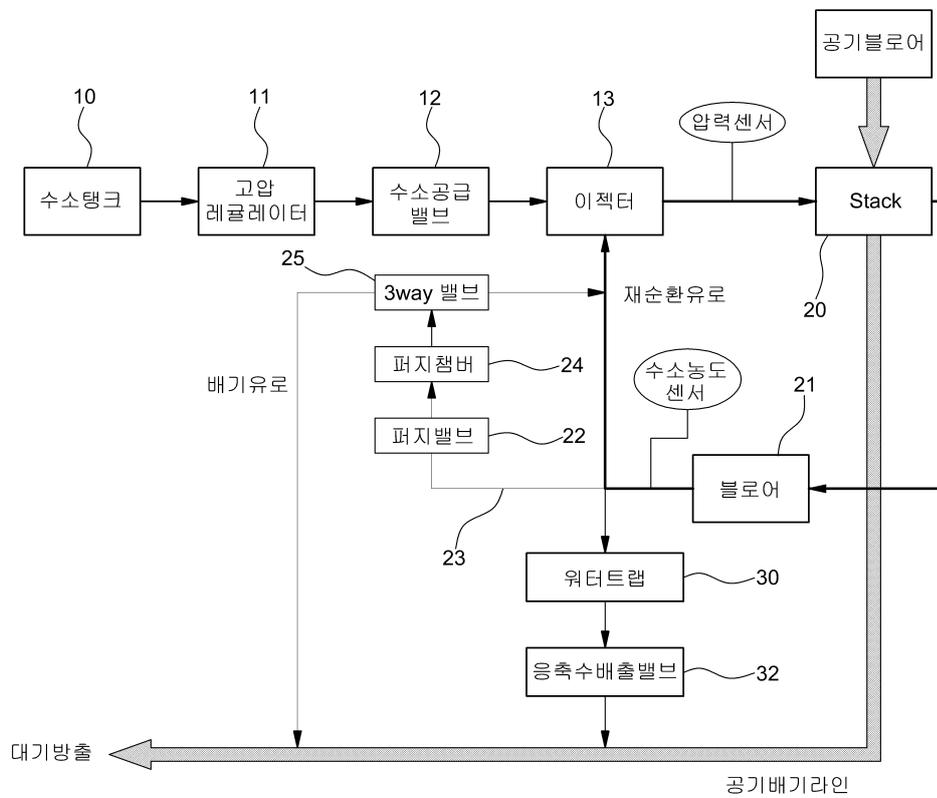
- [0053] 즉, 본 발명은 연료극의 측정 수소농도(현재 수소농도)가 요구 수소농도(목표 수소농도)보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소가 재사용 효율성이 큰 상태이므로, 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시킬 수 있도록 한 점에 주안점이 있다.
- [0054] 이때, 연료극의 운전압력이 증가하면 연료극내에 발생된 물이 원활하게 배출될 수 있으므로, 상기 수소재순환 단계는 스택에 물이 과다하게 존재한다고 예측 또는 측정될 때 수행되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0055] 이에, 연료극내의 물 잔류량이 기준량 이상인지 판단하는 플러딩(flooding) 판단 단계 후, 연료극내에 물이 기준량 이상인 플러딩 상태로 플러딩 상태로 확정되는 동시에 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 크면, 연료극으로부터 퍼지되는 수소를 연료극의 입구로 재순환시키는 수소재순환 단계가 진행된다.
- [0056] 이를 위해, 먼저 연료극의 운전압력을 압력 증가범위내에서 증가시키는 과정이 진행된다.
- [0057] 이어서, 상기 연료극과 연결된 수소퍼지밸브(22)를 제1일정시간 동안 개방시키는 과정과, 제1일정시간이 종료되면 수소퍼지밸브를 닫아주는 과정이 진행되며, 상기와 같이 상기 수소퍼지밸브(22)를 개방시키는 제1일정시간은 0.1 ~ 5초 범위로 결정하는 것이 바람직하다.
- [0058] 다음으로, 상기 제1일정시간이 종료되면 연료극의 운전압력을 압력 감소범위내에서 감소시키는 과정이 진행되고, 이때 상기 수소퍼지밸브(22)의 출구와 연결된 퍼지챔버(24)내에 연료극으로부터 퍼지된 수소가 수소퍼지밸브(22)의 개방시간 동안 일시 저장된다.
- [0059] 연이어, 상기 퍼지챔버(24)의 출구와 연결된 3방향 밸브(25)를 연료극의 입구쪽으로 제2일정시간 동안 개방시켜서 퍼지챔버(24)내의 수소를 연료극으로 재순환시키는 과정이 진행되고, 제2일정시간이 종료되면 3방향 밸브를 닫아준다.
- [0060] 이때, 스택의 연료극과 연결된 수소공급밸브(또는 인젝터)를 통하여 연료극 압력이 제어되는데, 인젝터의 공급압력에 의하여 퍼지챔버내의 수소가 진공 흡입되는 식으로 빨려들어가 새로운 수소와 함께 스택의 연료극에 재공급된다.
- [0061] 이와 같이, 스택의 연료극의 측정 수소농도가 요구 수소농도보다 높을 경우 연료극의 압력을 증가시키는 제어를 통하여 퍼지되는 수소를 연료극으로 재순환하여 공급함으로써, 퍼지되는 수소를 외부 배출(손실)없이 스택의 연료극 내로 재공급하여 연비 향상을 도모할 수 있다.
- [0062] 다시 말해서, 기존에 연료극 내의 응축수 배출시 함께 외부로 배출되어 손실되던 수소(연료)를 연료극으로 재순환시켜 공급함으로써, 수소 사용량을 절감하는 동시에 연비 향상을 도모할 수 있다.
- [0063] 한편, 상기 퍼지챔버(24)의 용량은 연료극의 운전압력 증가에 비례하여 증대된 것으로 채택하되, 연료극의 운전압력 증대범위 및 감소범위에 따라 0.5 ~ 5L 용량 범위의 것으로 채택되도록 하며, 그 이유는 퍼지챔버(24)의 크기가 0.5L 보다 더 작을 경우 퍼지밸브 개폐를 통해 효과적인 응축수 제거가 불가능하므로, 그 최소 크기를 0.5L 로 한정하고, 또한 그 크기가 10L 이상일 경우 과도한 부피로 인해 차량의 장착성이 매우 불리해지므로 그 범위를 0.5 ~ 10L로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0064] 이렇게 상기 퍼지챔버의 용량은 연료극의 압력제어 범위에 따라 다양한 크기의 것으로 채택할 수 있다.
- [0065] 예를 들어, 첨부한 4를 참조하면 본 발명의 일 실시예로서 연료극의 운전압력을 1.0 barg의 목표압력으로 운전하는 동시에 퍼지챔버의 용량을 5L 사용하면, 퍼지챔버내에 5L의 퍼지 수소가스가 담지되고, 이후 연료극의 목표압력을 점차 감소시켜 0.2 barg의 목표압력으로 운전하는 과정과, 3방향 밸브를 연료극의 입구로쪽으로 개방하는 과정을 통하여 4L 이상의 수소가스가 연료극으로 재순환될 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명의 다른 실시예로서 연료극의 운전압력을 0.5 barg의 목표압력으로 운전하는 동시에 퍼지챔버의 용량을 5L 사용하면, 퍼지챔버내에 2.5L의 퍼지 수소가스가 담지되고, 이후 연료극의 목표압력을 점차 감소시켜 0.1 barg의 목표압력으로 운전하는 과정과, 3방향 밸브를 연료극의 입구로쪽으로 개방하는 과정을 통하여 2L 이상의 수소가스가 연료극으로 재순환될 수 있다.
- [0067] 한편, 상기한 수소재순환 단계가 진행될 때, 연료극으로부터 수소와 함께 배출되는 물은 수소퍼지밸브 이전에 배치되는 워터트랩(30)에 가두어진 후, 일정 시점에 응축수 배출밸브(32)가 열림에 따라 외부로 배출된다.

**부호의 설명**

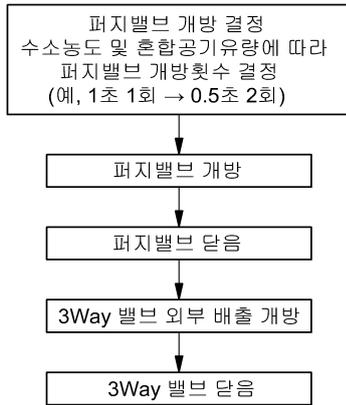
- [0068] 10 : 수소탱크
- 11 : 고압레귤레이터
- 12 : 수소공급밸브
- 13 : 이젝터
- 20 : 스택
- 21 : 수소 재순환 블로워
- 22 : 수소퍼지밸브
- 23 : 수소퍼지라인
- 24 : 퍼지챔버
- 25 : 3방향 밸브
- 26 : 수소농도센서
- 30 : 워터트랩
- 32 : 응축수 배출밸브

**도면**

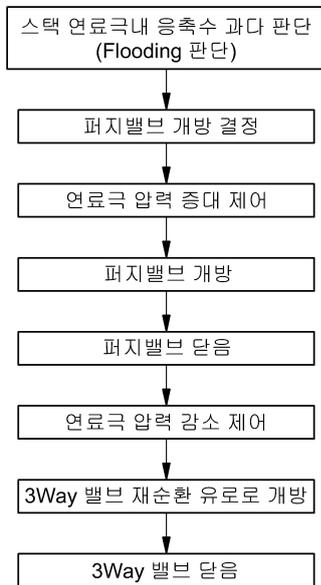
**도면1**



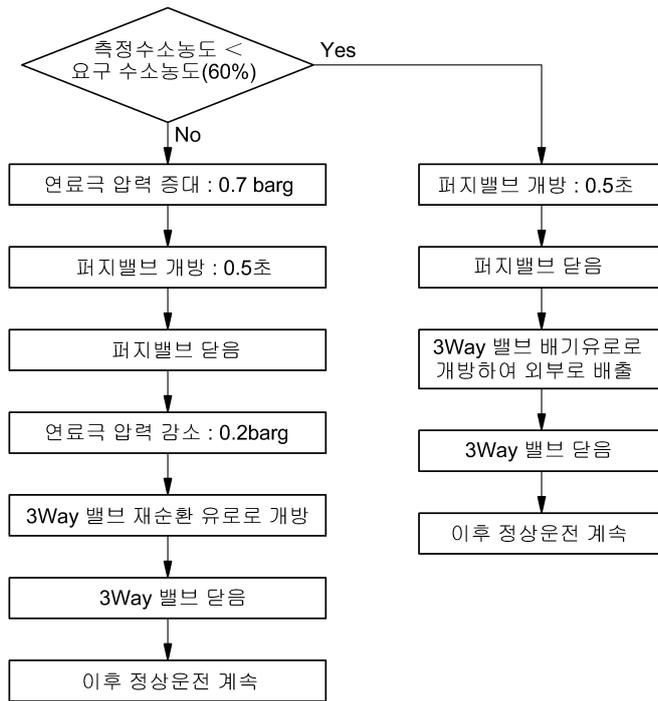
도면2a



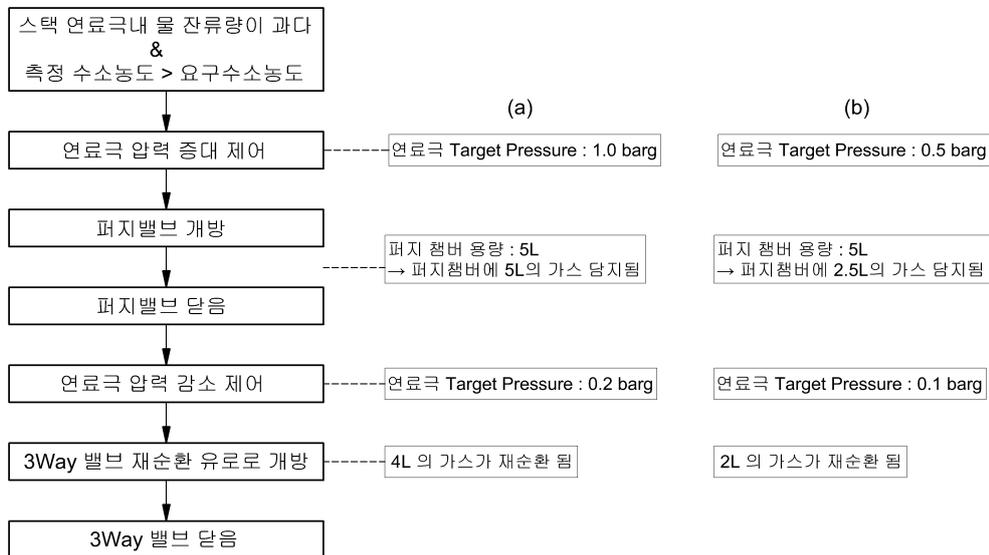
도면2b



도면3



도면4



도면5

