



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0175545
(43) 공개일자 2024년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02M 65/00 (2006.01) G01F 1/76 (2006.01)
G01L 9/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F02M 65/001 (2013.01)
G01F 1/76 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2023-0075621
(22) 출원일자 2023년06월13일
심사청구일자 2023년06월13일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
문석수
경기도 부천시 도약로 82, 2213동 1803호 (상동, 진달래마을)
배규한
서울특별시 마포구 만리재로10길 6-4, 1층 (공덕동)
이재현
인천광역시 미추홀구 경인남길118번길 30-1, 401호 (용현동)
(74) 대리인
특허법인태백

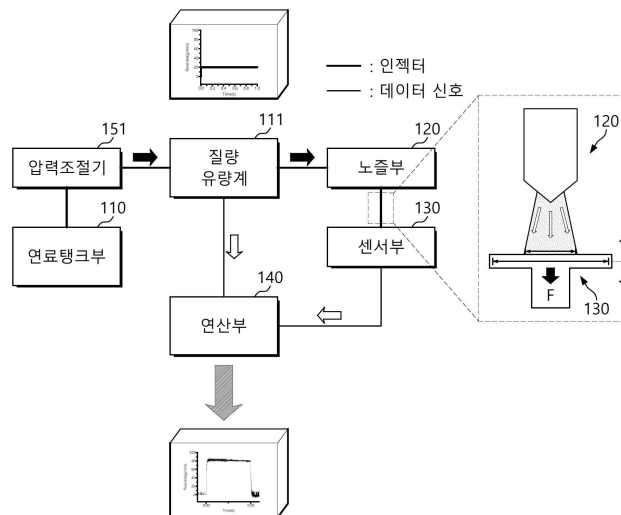
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 연료 계측시스템 및 보정 방법

(57) 요약

본 발명은, 연료를 공급하고, 토출되는 상기 연료의 질량을 측정하는 질량유량계를 포함하는 연료공급부, 상기 연료공급부와 연결되고, 상기 연료를 분사하는 노즐부, 상기 노즐부 하측에 배치되고, 상기 노즐부에서 분사된 연료의 분사력에 의하여 플레이트가 힘을 받아 변화하는 전압을 측정하는 힘센서를 포함하는 센서부 및 상기 힘센서에서 측정된 상기 분사력과, 상기 질량유량계에서 측정되는 평균 질량유량 값을 바탕으로 계산한 질량을 비교하여 보정하는 연산부를 포함하는 연료 계측시스템을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01L 9/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415180824
과제번호	20018473
부처명	산업통상자원부(P21)
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	자동차산업기술개발(094111011011735003551301)
연구과제명	무탄소 수소연료 기반 직접분사식 수소엔진 원천기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국자동차연구원
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

연료를 공급하고, 토출되는 상기 연료의 질량을 측정하는 질량유량계를 포함하는 연료공급부;

상기 연료공급부와 연결되고, 상기 연료를 분사하는 노즐부;

상기 노즐부 하측에 배치되고, 상기 노즐부에서 분사된 연료의 분사력에 의하여 플레이트가 힘을 받아 변화하는 전압을 측정하는 힘센서를 포함하는 센서부; 및

상기 힘센서에서 측정된 상기 분사력과, 상기 질량유량계에서 측정되는 평균 질량유량 값을 바탕으로 계산한 질량을 비교하여 보정하는 연산부를 포함하는 연료 계측시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 연료는, 기체 연료를 사용하는 것을 특징으로 하는 연료 계측시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 기체 연료는,

수소, 천연가스, 암모니아 중 적어도 하나로 이루어지는 것을 특징으로 하는 연료 계측시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 센서부는,

상기 힘센서와 연결되고, 상기 힘센서에서 측정된 분사력의 신호를 증폭시키는 전하증폭기와,

증폭된 상기 분사력의 신호를 시간에 따른 변화를 취득하는 오실로스코프를 포함하는 연료 계측시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 노즐부의 단부와 상기 힘센서 간의 사이거리는, 1mm 이하로 이루어지는 연료 계측시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 연산부와 연결되고, 상기 연산부에서 비교된 상기 평균 질량유량 값에 따라, 상기 연료공급부 및 노즐부를 각각 제어하는 제어부를 더 포함하는 연료 계측시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 제어부는,

상기 연료공급부와 질량유량계 사이에 배치되고, 상기 센서부에서 측정된 연료의 분사력에 따라 상기 연료의 압력을 조절하는 압력조절기와,

상기 노즐부와 연결되고, 상기 센서부에서 측정된 연료의 분사력에 따라 상기 노즐부를 제어하는 분사조절기를

포함하는 연료 계측시스템.

청구항 8

연료공급부에서 기체 연료를 노즐부에 공급하는 단계;

상기 연료공급부에서 공급되는 기체 연료의 질량을 측정하는 단계;

상기 노즐부에서 분사된 기체 연료의 분사력을 센서부에서 측정하는 단계;

상기 센서부에서 측정된 상기 분사력을 분사율로 변환하는 단계; 및

상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값과 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부의 분사력을 보정하는 단계를 포함하는 연료 계측시스템 및 보정 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 센서부에서 측정된 상기 분사력을 분사율 계산모델을 통해 분사율로 변환하는 단계에서 상기 분사율 계산모델은, 운동량 방정식 기반을 이용하는 연료 계측시스템 및 보정 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값을 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부를 보정하는 단계에서 상기 평균 질량유량은, 코리올리(Coriolis) 방식의 질량유량계를 이용하여 측정하는 연료 계측시스템 및 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연료 계측시스템 및 보정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 기체 연료를 동력원으로 사용하는 직접분사식 엔진에서 연소실 내에 분사되는 연료의 과도적 분사율을 측정하기 위한 연료 계측시스템 및 보정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 수송 분야에 있어서, 탄소 배출이 없는 무탄소 연료로의 전환이 가속화됨에 따라 직접 분사식(Direct Injection, DI) 수소 내연기관에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 여기서, 직접 분사 방식은 연료와 공기의 혼합거리가 짧기 때문에 실린더 내부의 과도적 분사율 파악이 중요하다.

[0004] 기존 액체 연료에 대한 기본 분사율 측정 기법으로서 Zeuch법과 Bosch-tube법이 대표적으로 적용되어 왔다. Zeuch법은 연료로 가득 찬 밀폐 용기에 연료를 분사할 때 상승하는 압력의 변화율을 이용하여 분사율을 측정하는 기법이며, Bosch-tube법은 연료로 가득 찬 장관 내에 연료를 분사할 때 생성된 압력파를 이용해 분사율을 측정하는 기법이다. 기체연료에 이러한 측정기법을 적용할 경우, 압축성 유동으로 인해 제어 체적에서의 압력변화가 매우 적어서 이를 측정하는 데 어려움이 있다.

[0005] 인젝터 분사율을 측정하기 위한 또 다른 방법으로서 운동량 플럭스를 이용한 측정 기법이 있는데, 이는 분사된 연료의 힘을 측정한 후, 분사율과 힘의 관계식에 대입하여 분사율을 산출하는 측정 기법이다. 노즐 출구에 분사된 연료의 힘은 압전방식의 힘센서를 사용하여 연료의 상과 관계없이 측정할 수 있고, 장치 구성이 단순하다는 장점이 있다. 액체 연료에 대해서 이 측정 기법이 적용된 사례는 있지만, 기상 연료에 적용된 사례는 없으며 실제 측정장치는 아직 개발 및 구축되지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 공개특허 제10-2018-0095581호(발명의 명칭 : 분사 밸브의 분사율을 결정하기 위한 방법 및 장치)
- (특허문헌 0002) 2. 일본 등록특허 제5103600호(발명의 명칭 : 기체 연료 인젝터의 순간 유량 계측 방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창출된 것으로, 기존의 액체 연료에 대한 분사율 계측 기법 대신 운동량 플럭스 측정을 통해 기체 연료에 대한 과도적 분사율을 측정하는 연료 계측시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은, 연료를 공급하고, 토출되는 상기 연료의 질량을 측정하는 질량유량계를 포함하는 연료공급부, 상기 연료공급부와 연결되고, 상기 연료를 분사하는 노즐부, 상기 노즐부 하측에 배치되고, 상기 노즐부에서 분사된 연료의 분사력에 의하여 플레이트가 힘을 받아 변화하는 전압을 측정하는 힘센서를 포함하는 센서부 및 상기 힘센서에서 측정된 상기 분사력과, 상기 질량유량계에서 측정되는 평균 질량유량 값을 바탕으로 계산한 질량을 비교하여 보정하는 연산부를 포함하는 연료 계측시스템을 제공한다.
- [0009] 상기 연료는, 기체 연료를 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0010] 상기 기체 연료는, 수소, 천연가스, 암모니아 중 적어도 하나로 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0011] 상기 센서부는, 상기 힘센서와 연결되고, 상기 힘센서에서 측정된 분사력의 신호를 증폭시키는 전하증폭기와, 증폭된 상기 분사력의 신호를 시간에 따른 변화를 취득하는 오실로스코프를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 상기 노즐부의 단부와 상기 힘센서 간의 사이거리는, 1mm 이하로 이루어질 수 있다.
- [0013] 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 상기 연산부와 연결되고, 상기 연산부에서 비교된 상기 평균 질량유량 값에 따라, 상기 연료공급부 및 노즐부를 각각 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 제어부는, 상기 연료공급부와 질량유량계 사이에 배치되고, 상기 센서부에서 측정된 연료의 분사력에 따라 상기 연료의 압력을 조절하는 압력조절기와, 상기 노즐부와 연결되고, 상기 센서부에서 측정된 연료의 분사력에 따라 상기 노즐부를 제어하는 분사조절기를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명은, 연료공급부에서 기체 연료를 노즐부에 공급하는 단계, 상기 연료공급부에서 공급되는 기체 연료의 질량을 측정하는 단계, 상기 노즐부에서 분사된 기체 연료의 분사력을 센서부에서 계측하는 단계, 상기 센서부에서 계측된 상기 분사력을 분사율로 변환하는 단계 및 상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값과 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부의 분사력을 보정하는 단계를 포함하는 연료 계측시스템 보정 방법을 제공한다.
- [0016] 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 상기 센서부에서 계측된 상기 분사력을 분사율 계산모델을 통해 분사율로 변환하는 단계에서 상기 분사율 계산모델은, 운동량 방정식 기반을 이용할 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값을 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부를 보정하는 단계에서 상기 평균 질량유량은, 코리올리(Coriolis) 방식의 질량유량계를 이용하여 측정할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 질량유량계에서 측정한 분사율과 힘센서에서 측정된 분사율을 이용하여 기체 연료의 정확한 분사율을 도출하여 질량 기준으로 분사율을 보정하기 때문에, 정상상태 구간뿐만 아니라 과도적 구간에서도 적용할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따른 연료 계측시스템 및 보정 방법에 의하면, 계측한 기체 연료의 과도적 분사율 데이터를 활용

용한다면, 다양한 내부구조를 가진 노즐 또는 인젝터에 대한 이론 분사율 예측 모델의 신뢰도를 검증할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템의 개략도이다.

도 3은 도 1의 노즐부에서 분사된 연료를 센서부에서 분사력에 대한 파형을 취득 과정을 나타낸 도면이다.

도 4는 센서부에서 측정한 노즐부의 분사력에 대한 파형을 분사율 파형으로 변환한 그래프이다.

도 5는 질량유량계 및 센서부에서 측정된 분사율 파형을 비교하여 보정하는 과정을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템을 제어하는 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

[0022] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)의 개략도이다.

[0023] 이하부터는, 도 1 및 도 2를 참조하여, 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)의 구성에 대해 설명하도록 한다.

[0024] 상기 연료 계측시스템(100)은 연료공급부(110), 노즐부(120), 센서부(130), 연산부(140) 및 제어부(150)를 포함한다.

[0025] 상기 연료공급부(110)는 연료를 공급하고, 토출되는 상기 연료의 질량을 측정하는 질량유량계(111)를 포함한다.

[0026] 여기서, 상기 연료는 기체 연료를 사용하는 것을 특징으로 하고, 상기 기체 연료는 수소, 천연가스, 암모니아 중 적어도 하나로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 노즐부(120)는 상기 연료공급부(110)와 연결되고, 상기 연료를 분사한다.

[0028] 상기 센서부(130)는 상기 노즐부(120) 하측에 배치되고, 상기 노즐부(120)에서 분사된 연료의 분사력(F)에 의하여 플레이트가 힘을 받아 변화하는 전압을 측정하는 힘센서(131)를 포함한다.

[0029] 상기 연산부(140)는 상기 힘센서(131)에서 측정된 상기 분사력과, 상기 질량유량계(111)에서 측정되는 질량을 바탕으로 평균 질량유량 값을 비교하여 보정한다. 여기서, 상기 연산부(140)는 상기 센서부(130)에서 취득한 데이터를 분사율 데이터로 변환하기 위해 운동량 방정식 기반의 분사율 계산모델을 사용할 수 있다.

[0030] 상기 제어부(150)는 상기 연산부(140)와 연결되고, 상기 연산부(140)에서 비교된 상기 평균 질량유량 값에 따라, 상기 연료공급부(110) 및 노즐부(120)를 각각 제어한다. 이때, 상기 제어부(150)는 압력조절기(151) 및 분사조절기(152)를 포함한다.

[0031] 상기 압력조절기(151)는 상기 연료공급부(110)와 질량유량계(111) 사이에 배치되고, 상기 센서부(130)에서 측정된 연료의 분사력(F)에 따라 상기 연료의 압력을 조절한다.

[0032] 또한, 상기 분사조절기(152)는 상기 노즐부(120)와 연결되고, 상기 센서부(130)에서 측정된 연료의 분사력(F)에 따라 상기 노즐부(120)를 제어한다.

[0033] 이하부터는, 도 3 내지 도 5를 참조하여, 상기 연료 계측시스템(100)을 이용하여 운동량 플러스 측정을 통해 기체 연료에 대한 과도적 분사율을 측정하는 방법에 대해 설명한다.

[0034] 먼저, 도 3은 상기 연료 계측시스템(100)의 노즐부(120)에서 분사된 연료를 센서부(130)에서 분사력에 대한 파형을 취득 과정을 나타낸 도면이다.

[0035] 상기 노즐부(120)에서 분사되는 기체 연료의 분사력(F)에 대한 정보를 얻기 위해 상기 노즐부(120) 하측에 상기 센서부(130)의 힘센서(131)를 설치한다. 이때, 상기 노즐부(120)의 단부와 상기 힘센서(131) 간의 사이거리는, 1mm 이하로 이루어져 상기 노즐부(120)에서 기체 연료가 분사될 때, 주변 공기에 의한 모멘텀 손실을 최소화 할 수 있다.

- [0036] 여기서, 상기 센서부(130)는 전하증폭기(132) 및 오실로스코프(133)를 이용하여 상기 노즐부(120)에서 분사된 기체 연료의 분사력(F)을 측정할 수 있다.
- [0037] 상기 전하증폭기(132)는 상기 힘센서(131)와 연결되고, 상기 힘센서(131)에서 측정된 분사력의 신호를 증폭시키고, 상기 오실로스코프(133)는 증폭된 상기 분사력의 신호를 시간에 따른 변화를 취득할 수 있다.
- [0038] 이러한 상기 센서부(130)의 힘센서(131), 전하증폭기(132) 및 오실로스코프(133)를 이용하여 상기 노즐부(120)에서 분사된 기체 연료의 분사력(F)을 측정하고 데이터를 취득하고 저장하게 된다.
- [0039] 다음으로, 도 4를 참조하면, 도 4는 센서부(130)에서 측정한 노즐부(120)의 분사력에 대한 파형을 분사율 파형으로 변환한 그래프이다.
- [0040] 상기 센서부(130)는 상기 노즐부(120)의 분사력을 취득한 데이터를 분사율 데이터로 변환하기 위해 운동량 방정식 기반의 분사율 계산모델이 도입된 상기 연산부(140)를 이용할 수 있다.
- [0041] 이하부터는, 아래의 계산식을 이용하여 상기 노즐부(120)의 분사력 데이터를 분사율 데이터로 유도하는 방법에 대해 설명하도록 한다.
- [0042] [계산식]
- [0043] (1) $P = m V$, (2) $\frac{\partial P}{\partial t} = F = \frac{dm}{dt} V + m \frac{dV}{dt} = \dot{m} V + m \frac{dV}{dt}$, (3) $F = \dot{m} V = \rho Q V$
- [0044] (4) $Q = A V$, (5) $\dot{m} = \sqrt{\rho A F}$, (6) $\rho = \frac{P_{amb}}{RT_{amb}}$
- [0045] 계산식(1)은 노즐부(120)에서 분사되는 기체 연료에 대한 운동량 방정식이다. 여기서, P는 기체 연료의 운동량이고, m은 기체 연료의 질량이며, V는 속도이다.
- [0046] 계산식(2)은 계산식(1)을 시간에 대해 편미분한 것이다. 기상연료가 분사되는 동안, 미소 시간변화에 따른 분사 속도의 변화가 과도구간을 포함한 정상상태 구간에서 충분히 작다고 가정하면, 노즐부(120)에서 분사되는 연료의 힘은 해당 기체의 밀도 ρ , 체적유량 Q, 그리고 속도 V의 곱과 같다.
- [0047] 이후, 계산식(3)과 계산식(4)을 연립하여 기체 연료의 분사력(F)과 분사율의 관계를 나타내는 분사율 계산모델 계산식(5)이 유도된다.
- [0048] 여기서, A는 힘센서(131)에 충돌한 기체 연료의 면적이고, F는 힘센서(131)로 측정된 기체 연료의 힘이며, ρ 는 분사된 기체 연료의 밀도이다. 노즐부(120) 출구에서 분사되는 기체 연료의 복잡성으로 인해 몇 가지 가정을 통해 분사율 계산모델에 각 성분을 대입했다. 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)은 연료 분사 시 분무각이 존재하여 분사력의 수평방향 성분이 존재하지만, 수직방향 성분만을 고려하여 대입한다. 기체 연료의 면적 A는 힘센서(131) 충돌 시 면적으로 대입해야 하나 노즐부(120)에 형성된 노즐홀 단면적으로 가정하여 대입한다.
- [0049] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)의 노즐부(120) 및 센서부(130)의 사이거리는 1mm로 최소화하여 고정하였기 때문에, 이러한 가정에 대한 오차 요소는 무시할 수 있다.
- [0050] 기존 종래기술 중 비압축성 유동을 하는 액체 연료의 경우, 노즐 출구에서의 온도 및 압력 조건에 의해서 계산식(6)을 통해 연료의 밀도가 결정되지만, 본 발명의 일실시예에 따른 기체 연료의 경우, 복잡한 내부구조를 가진 노즐부(120) 출구에서 압축성 유동을 하기 때문에 정확한 밀도 예측이 어렵지만, 종래기술의 액체 연료와 마찬가지로 주변 온도 및 압력을 통해 계산을 할 수 있다.
- [0051] 이렇게 구한 면적, 분사력, 밀도를 분사율 계산모델에 대입하면 분사력에 대한 파형을 분사율 파형으로 변환할 수 있다.
- [0052] 다음으로, 도 5를 참조하면, 도 5는 질량유량계(111) 및 센서부(130)에서 측정된 분사율 파형을 비교하여 보정하는 과정을 나타낸 도면이다.
- [0053] 이하부터는, 아래의 계산식을 이용하여 상기 질량유량계(111) 및 센서부(130)에서 측정된 분사율 파형을 비교하여 보정하는 과정에 대해 설명하도록 한다.
- [0054] [계산식]

$$m_{\text{force sensor}} = \int_{t_1}^{t_2} m_{\text{force sensor}} dt$$

(7)

$$m_{\text{flowmeter}} = \frac{Q_{\text{flowmeter}}}{1 \text{분당 분사횟수}}$$

(8)

$$\text{correction factor} = \frac{m_{\text{flowmeter}}}{m_{\text{force sensor}}}$$

(9)

$$\dot{m}_{\text{corrected}} = C \times \dot{m}_{\text{force sensor}}$$

(10)

도 5의 왼쪽 위에 표시된 그래프는, 분사주파수가 5Hz이고, 분사 기간이 50ms인 분사 조건에서 힘센서(131)를 통해 취득한 분사율 파형이다. 즉, 50ms 동안 연료가 분사되고, 150ms 동안 휴지기간을 갖는 데이터가 반복해서 나타나게 된다. 여기서, 1회 분사당 질량을 계산하기 위해 여러 분사 중 하나의 분사율 그래프를 추출한다.

여기서, t1과 t2는 힘센서 분사율 파형을 통해서 파악한 가상의 분사 시작점 및 끝점을 의미하고 계산식(7)과 같이 분사율 그래프를 적분하여 1회 분사당 질량을 계산한 그래프이다.

다음으로, 질량유량계(111)는 연료가 특정 주파수로 분사됨과 관계없이 일정한 값의 평균 질량유량을 측정한다. 이를 비교하기 위해, 도 5의 왼쪽 아래에 표시된 그래프를 참조하면, 1회 분사당 분사량을 계산식은 아래와 같이 나타낸다.

$$m_{\text{flowmeter}} = \frac{\text{평균 질량유량}}{1 \text{분당 분사횟수}}$$

이를 이용하면, 예를 들어, 5Hz(분사 주파수) 및 50ms(분사기간) 분사 조건에서 평균 질량유량이 30g/min인 경우,

$$m_{\text{flowmeter}} = \frac{30 \text{g/min}}{5 \text{Hz} \times 60 \text{min}} = 0.1 \text{(g/shot)}$$

1회 분사당 분사량은, 로 계산되며, 이를 실제 분사 시작 시기 및 기간에 맞추면 질량유량계(111) 기반의 가상 분사율 파형이 도출된다.

이렇게 계산한 1회 분사당 질량을 비교하면, 상기 힘센서(131)를 이용한 데이터 값이 상기 질량유량계(111)를 이용한 데이터 값과 차이가 있는 것을 확인할 수 있다.

도 5의 오른쪽 그래프는, 상기 힘센서(131)를 통해 구한 분사율 파형과 상기 질량유량계(111)를 통해 구한 분사율 파형을 비교하여 분사량 기반의 보정계수를 구하고, 이를 적용하여 최종 분사율을 도출하는 과정을 나타냈다.

두 분사율 파형은 직사각형 형태로 과도적 구간과 정상상태 구간 모두에서 차이가 있음을 확인할 수 있다.

즉, 단순한 노즐 형태를 가정한 기존 이론모델로는 평균 질량유량(기준값)과 비교해 보았을 때, 변환된 분사율 및 분사량과 일치하지 않아 분사율 보정방법론을 적용하였다. 이러한 오차를 보정하기 위하여 보정계수를 계산식(9)과 같이 질량유량계(111)와 힘센서(131)를 이용해 구한 1회 분사당 연료 질량의 비로 정의할 수 있다.

이후, 힘센서 분사율은 질량유량계 및 분사량 기반의 보정계수를 적용함으로써, 계산식(10)과 같이 기체 연료의 최종 분사율을 도출할 수 있다.

이러한 보정 방법론은 질량 기준으로 분사율을 보정하기 때문에, 정상상태 구간뿐만 아니라 과도적 구간에서도 적용할 수 있다.

도 6을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)의 제어 방법에 대해 설명하도록 한다.

본 발명의 일실시예에 따른 연료 계측시스템(100)의 제어 방법은, 연료공급부(110)에서 기체 연료를 노즐부(120)에 공급하는 단계(S100), 상기 공급되는 기체 연료의 질량을 측정하는 단계(S110), 상기 노즐부(120)에서 분사된 기체 연료의 분사력(F)을 센서부(130)에서 계측하는 단계(S120), 상기 센서부(130)에서 계측된 상기 분사력을 분사율로 변환하는 단계(S130) 및 상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값과 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부를 보정하는 단계(S140)로 이루어진다.

먼저, 연료공급부(110)에서 기체 연료를 노즐부(120)에 공급하는 단계(S100)는 천연가스, 암모니아 중 적어도 하나를 상기 노즐부(120)측으로 공급한다.

다음으로, 상기 연료공급부(110)에서 공급되는 기체 연료의 질량을 측정하는 단계(S110)는 질량유량계(111)를 이용하여 상기 노즐부(120)측으로 공급되는 기체 연료의 질량을 측정한다.

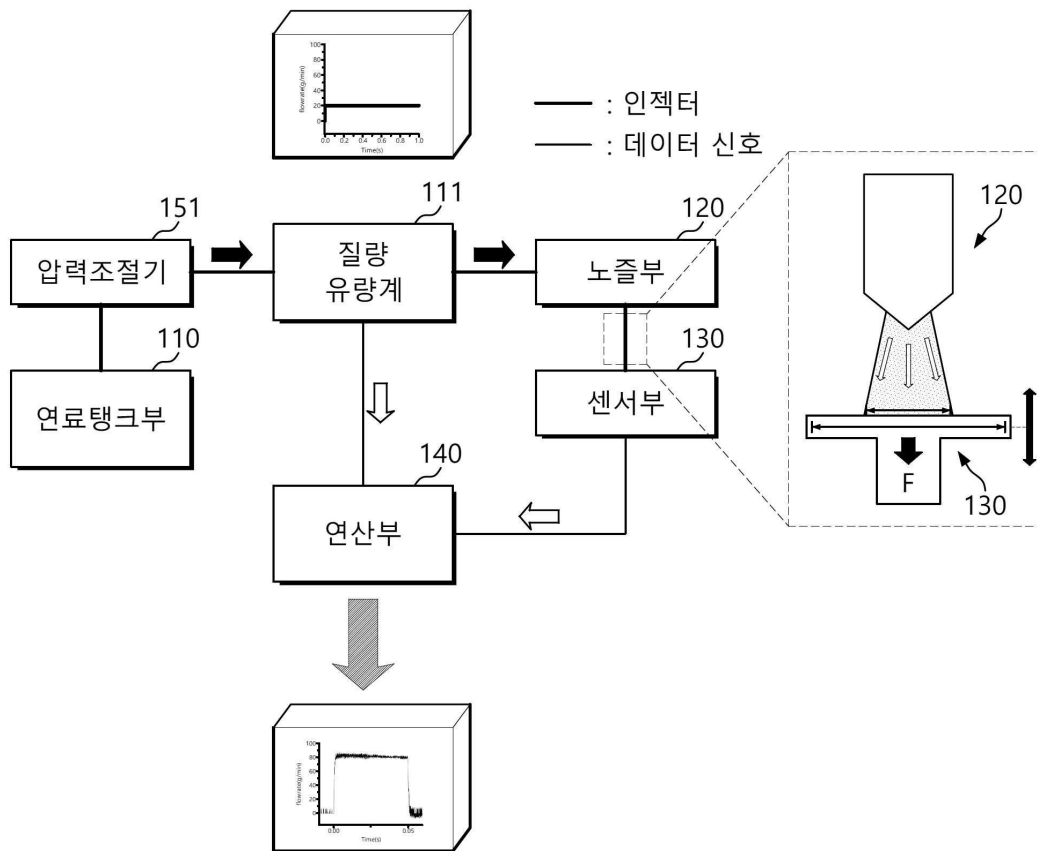
- [0073] 이후, 상기 노즐부(120)에서 분사된 기체 연료의 분사력(F)을 센서부(130)에서 계측하는 단계(S120)는 상기 노즐부(120) 하측에 배치된 상기 센서부(130)의 힘센서(131)에서 상기 노즐부(120)에서 분사된 기체 연료의 분사력(F)을 측정한다.
- [0074] 다음으로, 상기 센서부(130)에서 계측된 상기 분사력을 분사율로 변환하는 단계(S130)는, 상기 힘센서(131)에서 측정된 상기 기체 연료의 분사력(F)을 전하증폭기(132) 및 오실로스코프(133)를 이용하여 측정할 수 있다.
- [0075] 여기서, 상기 전하증폭기(132)는 상기 힘센서(131)와 연결되고, 상기 힘센서(131)에서 측정된 분사력의 신호를 증폭시키고, 상기 오실로스코프(133)는 증폭된 상기 분사력의 신호를 시간에 따른 변화를 취득할 수 있다.
- [0076] 마지막으로, 상기 분사율을 이용하여 평균 질량유량 값과 비교하고, 연산부가 상기 연료공급부 및 노즐부의 분사력을 보정하는 단계(S140)에서, 상기 질량유량계(111)에서 측정된 기체 연료의 평균 질량유량을 측정하고, 이때, 질량유량계(111)는 코리올리(Coriolis) 방식의 질량유량계(111)를 사용할 수 있다.
- [0077] 이후, 상기 힘센서(131)를 통해 구한 분사율 파형과 상기 질량유량계(111)를 통해 구한 분사율 파형을 비교하여 과도적 구간과 정상상태 구간 모두에서 차이가 있음을 확인할 수 있다.
- [0078] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0079] 100 : 연료 계측시스템
 110 : 연료공급부 111 : 질량유량계
 120 : 노즐부 130 : 센서부
 131 : 힘센서 132 : 전하증폭기
 133 : 오실로스코프 140 : 연산부
 150 : 제어부 151 : 압력조절기
 152 : 분사조절기 F : 연료의 분사력

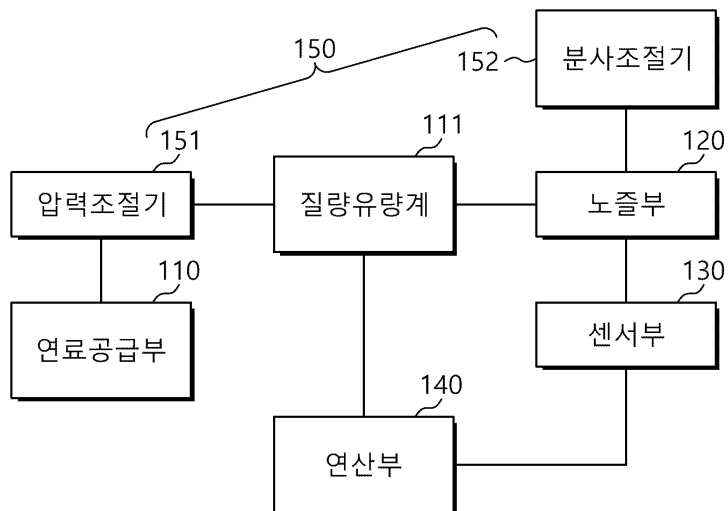
도면

도면1

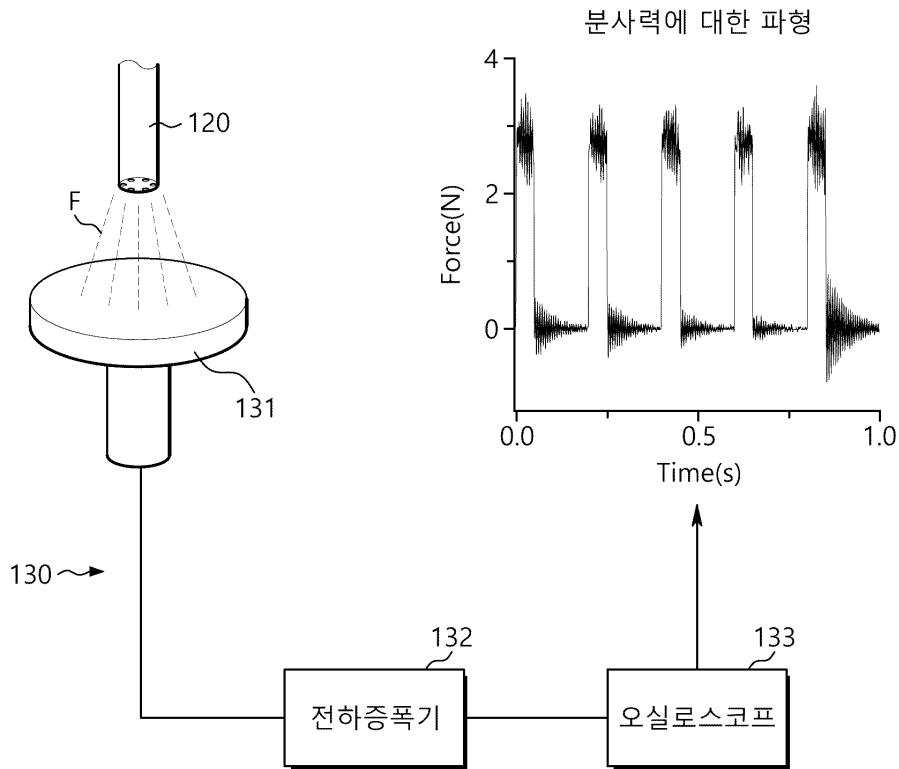


도면2

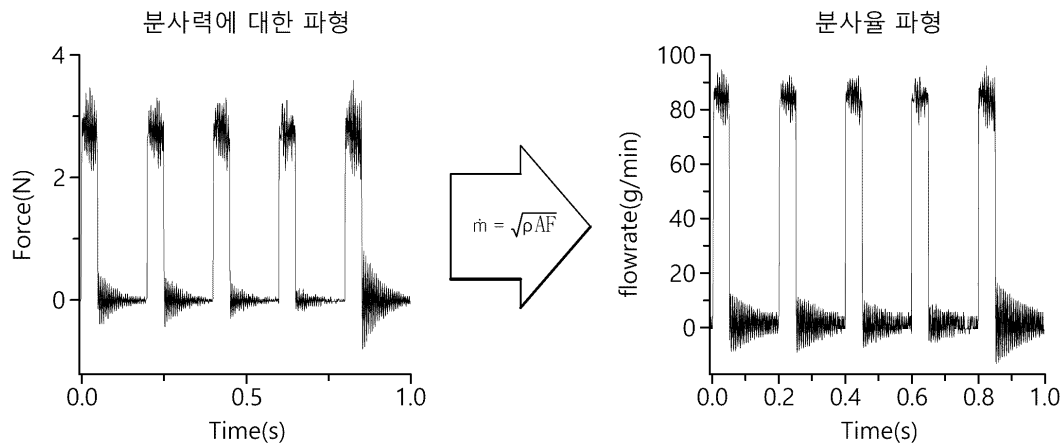
100



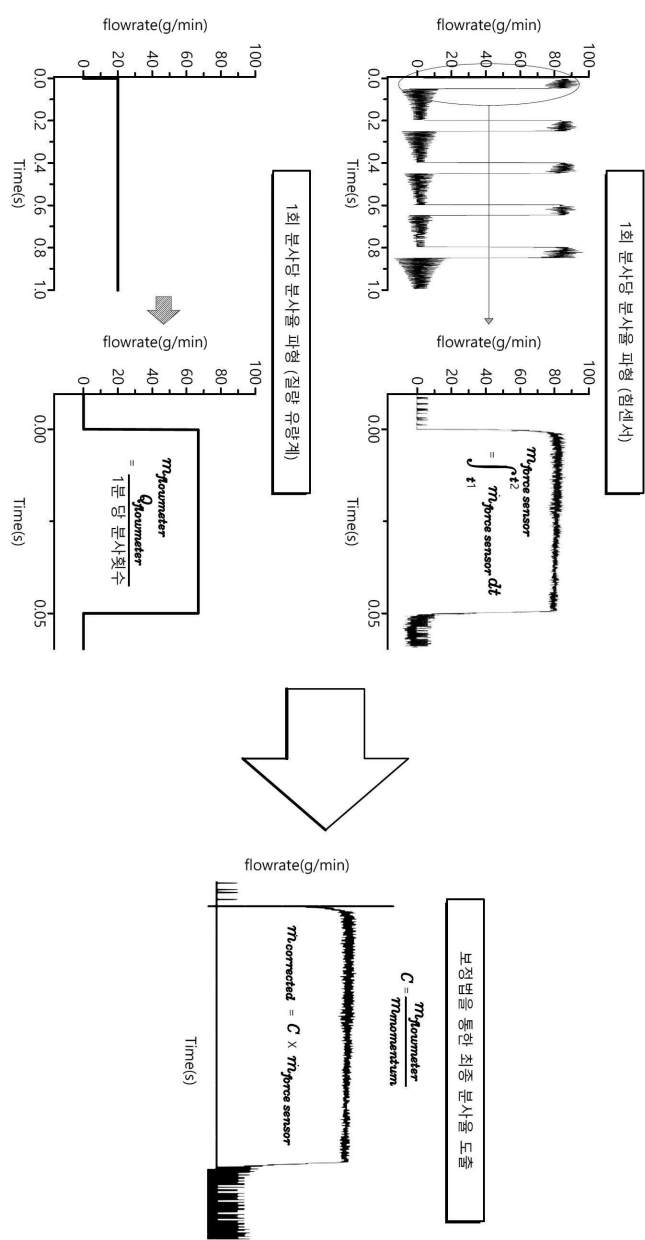
도면3



도면4



도면5



도면6

