(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월09일
(11) 등록번호 10-2704823
(24) 등록일자 2024년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 1/80 (2006.01) *G01F 1/84* (2006.01)
G01F 15/00 (2006.01) *G01F 15/06* (2022.01)
G01L 15/00 (2006.01) *G01L 9/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 1/80 (2013.01)
G01F 1/8436 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7035743
(22) 출원일자(국제) 2019년04월03일
심사청구일자 2021년11월02일
(85) 번역문제출일자 2021년11월02일
(65) 공개번호 10-2021-0147015
(43) 공개일자 2021년12월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/025537
(87) 국제공개번호 WO 2020/204921
국제공개일자 2020년10월08일
(56) 선행기술조사문헌
US20140076408 A1*
US20160252380 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
마이크로 모우션, 인코포레이티드
미국 콜로라도 80301 보울더 윈체스터 서클 7070
(72) 발명자
바인슈타인, 조엘
미국 80301 콜로라도 볼더 마르티니크 애비뉴 3205
모렛, 데이비드 마티네즈
미국 80521 콜로라도 포트 콜린스 노스 매킨리 애비뉴 201
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

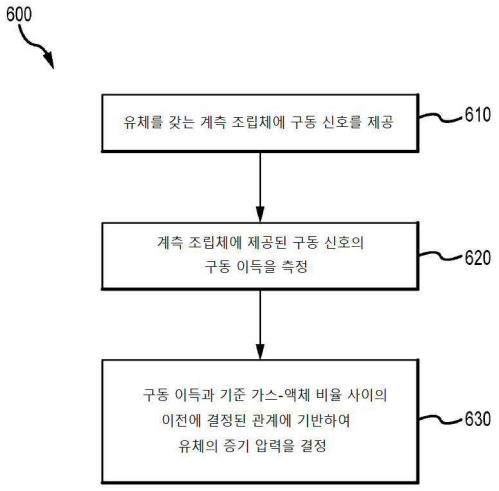
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 김윤선

(54) 발명의 명칭 **증기 압력계 계수를 사용하는 증기 압력의 결정**

(57) 요 약

증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20)가 제공된다. 계측 전자장치(20)는 계측 조립체(10)에 통신 가능하게 커플링된 프로세싱 시스템(200)을 포함한다. 프로세싱 시스템(200)은 유체를 갖는 상기 계측 조립체(10)에 구동 신호를 제공하고, 계측 조립체(10)에 제공된 상기 구동 신호의 구동 이득을 측정하고, 그리고 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 상기 유체의 상기 증기 압력을 결정하도록 구성된다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
G01F 15/005 (2013.01)
G01F 15/063 (2022.01)
G01L 15/00 (2013.01)
G01L 9/0008 (2013.01)
G01N 7/14 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

증기 압력계 계수(vapor pressure meter factor)를 사용하여 증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(meter electronics)(20)로서,

계측 조립체(meter assembly)(10)에 통신 가능하게 커플링된 프로세싱 시스템(200)을 포함하고,

상기 프로세싱 시스템(200)은:

유체를 갖는 상기 계측 조립체(10)에 구동 신호를 제공하고;

상기 계측 조립체(10)에 제공된 상기 구동 신호의 구동 이득(drive gain)을 측정하고; 그리고

상기 구동 이득과 기준 가스-액체 비율(reference gas-liquid ratio) 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 상기 유체의 상기 증기 압력을 결정하도록 구성되는,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계측 전자장치(20)는, 상기 구동 이득이 측정될 때와 동시에, 상기 계측 조립체(10) 내의 유체의 정적 압력(static pressure)을 결정하도록 추가로 구성되는,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 증기 압력은, 상기 구동 이득과 상기 기준 가스-액체 비율 사이의 상기 이전에 결정된 관계 및 상기 측정된 구동 이득을 사용하여 결정되는,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 구동 이득과 상기 기준 가스-액체 비율 사이의 상기 이전에 결정된 관계는 100% 구동 이득 및 실제 증기 압력 구동 이득에 관련된 선형 함수인,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기준 가스-액체 비율 및 상기 측정된 구동 이득 중 적어도 하나는 유체 위상 변화(fluid phase change)의 검출을 위한 미리 결정된 임계치와 연관되는,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 결정된 증기 압력은 실제 증기 압력인,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 7

◈청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제6항에 있어서,

상기 계측 전자장치(20)는 리드 증기 압력(Reid vapor pressure)을 결정하기 위해 상기 실제 증기 압력을 사용하도록 추가로 구성되는,

증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20).

청구항 8

◈청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 방법으로서,

유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공하는 단계;

상기 계측 조립체에 제공된 상기 구동 신호의 구동 이득을 측정하는 단계; 및

상기 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 상기 유체의 상기 증기 압력을 결정하는 단계를 포함하는,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 9

◈청구항 9은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제8항에 있어서,

상기 구동 이득이 측정될 때와 동시에, 상기 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정하는 단계를 더 포함하는,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 10

◈청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.◈

제8항에 있어서,

상기 증기 압력은, 상기 구동 이득과 상기 기준 가스-액체 비율 사이의 상기 이전에 결정된 관계 및 상기 측정된 구동 이득을 사용하여 결정되는,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 11

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 구동 이득과 상기 기준 가스-액체 비율 사이의 상기 이전에 결정된 관계는 100% 구동 이득 및 실제 증기 압력 구동 이득에 관련된 선형 함수인,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 12

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기준 가스-액체 비율 및 상기 측정된 구동 이득 중 적어도 하나는 유체 위상 변화의 검출을 위한 미리 결정된 임계치와 연관되는,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 13

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 결정된 증기 압력은 실제 증기 압력인,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

리드 증기 압력을 결정하기 위해 상기 실제 증기 압력을 사용하는 단계를 더 포함하는,

증기 압력을 결정하는 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 아래에 설명된 실시예들은 증기 압력을 결정하는 것에 관한 것이며, 더 상세하게는, 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 예컨대, 진동 덴시토미터들(vibrating densitometers) 및 코리올리(Coriolis) 유량계들과 같은 진동 센서들은 일반적으로 알려져 있고, 유량계의 도관을 통해 유동하는 재료들에 대한 질량 유동(mass flow) 및 다른 정보를 측정하는 데 사용된다. 예시적인 코리올리 유량계들은 모두가 J.E. Smith 등에 의한 미국 특허 제4,109,524호, 미국 특허 제4,491,025호 및 Re.31,450에 개시된다. 이들 유량계들은 직선 또는 곡선 구성의 하나 이상의 도관들을 갖는다. 코리올리 질량 유량계의 각각의 도관 구성은, 예컨대, 고유 진동 모드들의 세트를 갖는데, 이는, 단순 벤딩(simple bending), 비틀림(torsional), 또는 결합형(coupled) 타입일 수 있다. 각각의 도관은 바람직한 모드로 진동하도록 구동될 수 있다.

[0003] 유량계의 유입구 측 상의 연결된 파이프라인으로부터 유량계 내로의 재료 유동들이 도관(들)을 통해 지향되고 유량계의 유출구 측을 통해 유량계를 빠져나간다. 진동 시스템의 고유 진동 모드들은 도관들 및 도관들 내에서 유동하는 재료의 결합된 질량에 의해 부분적으로 정의된다.

[0004] 유량계를 통해 어떠한 유동도 없을 때, 도관(들)에 인가된 구동력은 도관(들)을 따른 모든 지점들이 동일한 위상 또는 작은 "제로 오프셋" — 이는 제로 유동에서 측정된 시간 지연임 — 으로 진동하게 한다. 재료가 유량계를 통해 유동하기 시작할 때, 코리올리 힘들은 도관(들)을 따라 각각의 지점이 상이한 위상을 갖게 한다. 예컨대, 유량계 유입구 단부에서의 위상은 중앙 집중식 구동기 위치에서 위상보다 뒤처지는 반면에, 유출구에서의 위상은 중앙 집중식 구동기 위치에서의 위상보다 앞선다. 도관(들)의 픽오프들은 도관(들)의 움직임을 나타내는 정현파 신호(sinusoidal signal)들을 생성한다. 픽오프들로부터 출력된 신호들은 픽오프들 사이의 시간 지연을 결정하도록 프로세싱된다. 둘 이상의 픽오프들 사이의 시간 지연은 도관(들)을 통해 유동하는 재료의 질량 유량에 비례한다.

[0005] 구동기에 연결된 계측 전자장치는 구동기를 동작시키기 위한 구동 신호를 생성하고, 픽오프들로부터 수신된 신

호들로부터 재료의 질량 유량 및 다른 특성들을 결정한다. 구동기는 잘 알려진 많은 어레인지먼트들 중 하나를 포함할 수 있지만, 자석 및 마주보는 구동 코일은 유량계 산업에서 큰 성공을 거두었다. 원하는 유동 튜브 도관 진폭 및 주파수에서 도관(들)을 진동시키기 위한 교류 전류가 구동 코일에 전달된다. 구동기 어레인지먼트와 매우 유사한 자석 및 코일 어레인지먼트로서 픽오프들을 제공하는 것이 또한 당분야에 알려져 있다. 그러나, 구동기들이 모션을 유도하는 전류를 수신하는 동안, 픽오프들은 전압을 유도하기 위해 구동기에 의해 제공되는 모션을 사용할 수 있다.

[0006] 증기 압력은 가솔린, 천연 가스 액체들 및 액체 석유 가스와 같은 휘발성 유체들의 유동 및 저장을 처리하는 애플리케이션들에서 중요한 특성이다. 증기 압력은 취급 동안 휘발성 유체들이 어떻게 작동할 수 있는지에 대한 표시를 제공하고, 거품들이 형성될 가능성이 있고 압력이 형성될 가능성이 있는 조건들을 추가로 표시한다. 이로써, 휘발성 유체들의 증기 압력 측정은 안전성을 증가시키고, 수송 선박들 및 인프라구조에 대한 손상을 방지한다. 예컨대, 유체의 증기 압력이 너무 높은 경우, 펌핑 및 수송 작업들 동안 캐비테이션(cavitation)이 발생할 수 있다. 또한, 선박 또는 프로세스 라인 증기 압력은 온도 변화들로 인해 잠재적으로 안전 레벨들을 넘어 상승할 수 있다. 따라서, 저장 및 수송 전에 증기 압력을 알아야 하는 경우가 종종 있다.

[0007] 일반적으로, 증기 압력은, 샘플들을 캡처하고 샘플로부터 값을 결정하기 위한 테스팅을 위해 샘플들을 실험실로 재이동시킴으로써 결정된다. 이것은, 최종 결과들을 획득하는 데 있어서 지연, 실험실의 유지 비용, 및 샘플 취급과 연관된 안전 및 법적 증거 취약성들로 인해 규제 연료 품질 표준 시행에 어려운 문제를 제기한다. 따라서, 프로세스 조건들 하에서 연속적인 실시간 기반으로 계측 조립체 내의 유체의 증기 압력을 결정할 수 있는 인라인 디바이스 또는 시스템에 대한 필요성이 존재한다. 이것은 본 실시예들에 의해 제공되며, 당분야의 진보가 달성된다. 현장(on-site) 측정은 주기적인 샘플링에 대한 필요성을 제거하고 샘플 수집과 실험실 분석의 시간 사이의 유체 특성 변화들의 위험성을 완전히 제거하기 때문에, 현장 측정이 더 신뢰할 수 있다. 또한, 불안전한 조건들을 즉시 시정할 수 있기 때문에, 실시간 측정들을 통해 안전성이 개선된다. 부가적으로, 간단한 현장 점검들을 통해 규제 시행이 수행될 수 있기 때문에 비용이 절약되고, 더 적은 지연 또는 프로세스 중단으로 조사 및 시행 결정들이 이루어질 수 있다. 이러한 이익들은 증기 압력을 정확하게 결정함으로써 향상될 수 있다.

발명의 내용

[0008] 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치가 제공된다. 실시예에 따라, 계측 전자장치는 계측 조립체에 통신 가능하게 커플링된 프로세싱 시스템을 포함한다. 프로세싱 시스템은 유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공하고, 계측 조립체에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하고, 그리고 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 유체의 증기 압력을 결정하도록 구성된다.

[0009] 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 방법이 제공된다. 실시예에 따라, 방법은 유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공하는 단계, 계측 조립체에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하는 단계, 및 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 유체의 증기 압력을 결정하는 단계를 포함한다.

[0010] 증기 압력을 결정하기 위한 증기 압력계 계수를 결정하는 방법이 제공된다. 실시예에 따라, 방법은 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정하는 단계, 및 유체의 정적 압력과 실제 증기 압력 사이의 차이를 결정하는 단계를 포함한다.

[0011] <u>양상들</u>

[0012] 양상에 따라, 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하기 위한 계측 전자장치(20)는 계측 조립체(10)에 통신 가능하게 커플링된 프로세싱 시스템(200)을 포함한다. 프로세싱 시스템(200)은 유체를 갖는 계측 조립체(10)에 구동 신호를 제공하고, 계측 조립체(10)에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하고, 그리고 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 유체의 증기 압력을 결정하도록 구성된다.

[0013] 바람직하게는, 계측 전자장치(20)는, 구동 이득이 측정될 때와 동시에, 계측 조립체(10) 내의 유체의 정적 압력을 결정하도록 추가로 구성된다.

[0014] 바람직하게는, 증기 압력은, 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계 및 측정된 구동 이득을 사용하여 결정된다.

[0015] 바람직하게는, 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계는 100% 구동 이득 및 실제 증기 압

력 구동 이득에 관련된 선형 함수이다.

[0016] 바람직하게는, 기준 가스-액체 비율 및 측정된 구동 이득 중 적어도 하나는 유체 위상 변화의 검출을 위한 미리 결정된 임계치와 연관된다.

[0017] 바람직하게는, 결정된 증기 압력은 실제 증기 압력이다.

[0018] 바람직하게는, 계측 전자장치(20)는 리드 증기 압력(Reid vapor pressure)을 결정하기 위해 실제 증기 압력을 사용하도록 추가로 구성된다.

[0019] 양상에 따라, 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 방법은 유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공하는 단계, 계측 조립체에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하는 단계, 및 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여, 유체의 증기 압력을 결정하는 단계를 포함한다.

[0020] 바람직하게는, 방법은, 방법은 구동 이득이 측정될 때와 동시에, 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0021] 바람직하게는, 증기 압력은, 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계 및 측정된 구동 이득을 사용하여 결정된다.

[0022] 바람직하게는, 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계는 100% 구동 이득 및 실제 증기 압력 구동 이득에 관련된 선형 함수이다.

[0023] 바람직하게는, 기준 가스-액체 비율 및 측정된 구동 이득 중 적어도 하나는 유체 위상 변화의 검출을 위한 미리 결정된 임계치와 연관된다.

[0024] 바람직하게는, 결정된 증기 압력은 실제 증기 압력이다.

[0025] 바람직하게는, 방법은, 방법은 리드 증기 압력을 결정하기 위해 실제 증기 압력을 사용하는 단계를 더 포함한다.

[0026] 양상에 따라, 증기 압력을 결정하기 위한 증기 압력계 계수를 결정하는 방법은 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정하는 단계, 및 유체의 정적 압력과 실제 증기 압력 사이의 차이를 결정하는 단계를 포함한다.

[0027] 바람직하게는, 방법은 계측 조립체에 구동 신호를 제공하는 단계, 계측 조립체에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하는 단계, 및 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력과 구동 이득을 연관시키는 단계를 더 포함한다.

[0028] 바람직하게는, 방법은 유체의 위상 변화를 검출하기 위한 구동 이득 임계치와 측정된 구동 이득을 연관시키는 단계, 및 차이와 구동 이득 임계치를 연관시키는 단계를 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 동일한 참조 번호는 모든 도면들에서 동일한 엘리먼트를 나타낸다. 도면들이 반드시 실척이 아니라는 것이 이해되어야 한다.

도 1은 진동계(5)를 도시한다.

도 2는 진동계(5)의 계측 전자장치(20)의 블록도이다.

도 3은 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 데 사용될 수 있는 구동 이득과 가스-액체 비율 사이의 관계를 예시하는 그래프(300)를 도시한다.

도 4는 진동계의 유체의 정적 압력이 증기 압력을 결정하는 데 사용될 수 있는 방법을 예시하는 그래프(400)를 도시한다.

도 5는 유체의 증기 압력을 결정하기 위한 시스템(500)을 도시한다.

도 6은 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 방법(600)을 도시한다.

도 7은 증기 압력을 결정하기 위한 증기 압력계 계수를 결정하는 방법(700)을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 도 1-7 및 하기의 설명은 당업자들에게 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 실시예들의 최상의

모드를 제조 및 사용하는 방법을 교시하기 위한 특정 예들을 묘사한다. 발명 원리들을 교시하는 목적을 위해, 일부 종래의 양상들이 간략화되거나 생략되었다. 당업자들은 본 명세서의 범위 내에 있는, 이들 예들로부터의 변형예들을 인지할 것이다. 당업자들은, 후술되는 특징들이 다양한 방식들로 조합되어, 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 것의 다수의 변형들을 형성할 수 있다는 것을 인지할 것이다. 결과적으로, 후술되는 실시예들은, 후술되는 특정 예들에 한정되지 않고, 청구범위 및 그 등가물들에 의해서만 한정된다.

[0031] 도 1은 진동계(5)를 도시한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 진동계(5)는 계측 조립체(10) 및 계측 전자장치(20)를 포함한다. 계측 조립체(10)는 프로세스 재료의 질량 유량 및 농도에 응답한다. 계측 전자장치(20)는 리드들(leads)(100)을 통해 계측 조립체(10)에 연결되어, 경로(26)를 통해 농도, 질량 유량 및 온도 정보 및/또는 다른 정보를 제공한다.

[0032] 계측 조립체(10)는 한 쌍의 매니폴드들(manifolds)(150 및 150'), 플랜지 넥부들(flange necks)(110 및 110')을 갖는 플랜지들(flanges)(103 및 103'), 한 쌍의 평행한 도관들(130 및 130'), 구동기(180), 저항 온도 검출기(RTD)(190) 및 한 쌍의 픽오프 센서들(pick-off sensors)(1701, 170r)을 포함한다. 도관들(130 및 130')은, 도관 장착 블록들(120 및 120')에서 서로를 향해 수렴하는 2개의 본질적으로 직선형인 유입구 레그들(inlet legs)(131, 131') 및 유출구 레그들(outlet legs)(134, 134')을 갖는다. 도관들(130, 130')은 자신들의 길이를 따르는 2개의 대칭 위치들에서 구부러지고, 자신들의 길이 전체에 걸쳐 본질적으로 평행하다. 브레이스 바아들(brace bars)(140 및 140')은, 각각의 도관(130, 130')이 발진하게 되는 중심인 축(W 및 W')을 규정하는 역할을 한다. 도관들(130, 130')의 레그들(131, 131' 및 134, 134')은 도관 장착 블록들(120 및 120')에 고정적으로 부착되고, 이들 블록들은 결국 매니폴드들(150 및 150')에 고정적으로 부착된다. 이것은 계측 조립체(10)를 통한 연속적인 폐쇄 물질 경로를 제공한다.

[0033] 구멍들(102 및 102')을 갖는 플랜지들(103 및 103')이, 유입구 단부(104) 및 유출구 단부(104')를 통해, 측정되고 있는 프로세스 물질을 운반하는 프로세스 라인(도시되지 않음) 내로 연결되는 경우, 물질은 플랜지(103)의 오리피스(orifice)(101)를 통해 진동계의 유입구 단부(104)로 진입하고 매니폴드(150)를 통해 표면(121)을 갖는 도관 장착 블록(120)으로 안내된다. 매니폴드(150) 내에서, 물질은 분할되어 도관들(130, 130')을 통해 이송된다(routed). 도관들(130, 130')을 빠져나갈 때, 프로세스 물질은 표면(121')을 갖는 도관 장착 블록(120') 및 매니폴드(150') 내에서 단일 스트림(stream)으로 재조합되고, 이후에 구멍들(102')을 갖는 플랜지(103')에 의해 프로세스 라인(도시되지 않음)에 연결된 출구 단부(104')로 이송된다.

[0034] 도관들(130, 130')은, 굽힘 축들(W--W 및 W'--W') 각각에 대해 실질적으로 동일한 질량 분포, 관성 모멘트들(moments of inertia) 및 영률(Young's modulus)을 갖도록 선택되어 도관 장착 블록들(120, 120')에 적절하게 장착된다. 이들 굽힘 축들은 브레이스 바아들(140, 140')을 관통한다. 도관들의 영률이 온도에 따라 변화하고, 이러한 변화가 유량 및 농도의 계산에 영향을 미치기 때문에, RTD(190)는 도관(130')에 장착되어 도관(130')의 온도를 연속적으로 측정한다. 도관(130')의 온도, 및 따라서 RTD(190)를 통과하는 주어진 전류에 대해 RTD(190)에 걸쳐 나타나는 전압은 도관(130')을 통과하는 물질의 온도에 의해 좌우된다. RTD(190)에 나타나는 온도 의존성 전압은 주지된 방법에서 계측 전자장치(20)에 의해 사용되어, 도관 온도의 임의의 변화로 인한 도관들(130, 130')의 탄성 계수의 변화를 보상한다. RTD(190)는 리드(195)에 의해 계측 전자장치(20)에 연결된다.

[0035] 도관들(130, 130') 둘 모두는 자신들 개개의 굽힘 축들(W 및 W')을 중심으로 반대 방향들로 그리고 유량계의 소위 말하는 제1의 역위상(out-of-phase) 굽힘 모드로 구동기(180)에 의해 구동된다. 이러한 구동기(180)는 도관(130')에 장착된 자석, 및 도관(130)에 장착되고 도관들(130, 130') 둘 모두를 진동시키기 위해 교류가 통과되는 대향 코일과 같은, 잘 알려진 많은 어레인지먼트들 중 임의의 하나를 포함할 수 있다. 적합한 구동 신호가 계측 전자장치(20)에 의해 리드(185)를 통해 구동기(180)에 인가된다.

[0036] 계측 전자장치(20)는 리드(195) 상의 RTD 온도 신호, 및 좌측 및 우측 센서 신호들(1651, 165r)을 운반하는 리드(100) 상에 각각 나타나는 좌측 및 우측 센서 신호들을 수신한다. 계측 전자장치(20)는 리드(185) 상에 나타나는 구동 신호를 구동기(180)에 생성하여, 도관들(130, 130')을 진동시킨다. 계측 전자장치(20)는 좌측 및 우측 센서 신호들 및 RTD 신호를 프로세싱하여 계측 조립체(10)를 통과하는 물질의 질량 유량 및 농도를 산출한다. 이러한 정보는, 다른 정보와 함께, 경로(26)를 통해 계측 전자장치(20)에 의해 신호로서 적용된다.

[0037] 질량 유량 측정치(m)는 수학식에 따라 생성될 수 있다.

수학식 1

[0038] $$\dot{m} = FCF[\Delta t - \Delta t_0]$$

[0039] Δt 항은 픽오프 센서 신호들 사이에 존재하는 시간 지연을 포함하는 동작적으로 도출된(즉, 측정된) 시간 지연 값을 포함하고, 이를테면, 여기서 시간 지연은 진동계(5)를 통한 질량 유량과 연관된 코리올리 효과들로 인한 것이다. 측정된 Δt 항은, 유동 재료가 궁극적으로 진동계(5)를 통해 흐를 때, 유동 재료의 질량 유량을 결정한다. Δt_0 항은 제로 유동 교정 상수에서의 시간 지연을 포함한다. Δt_0 항은 일반적으로 공장에서 결정되고, 진동계(5)에 프로그래밍된다. 제로 유동 Δt_0 항에서 시간 지연은, 유동 조건들이 변경되는 경우에도 변하지 않을 것이다. FCF(flow calibration factor)는 진동계(5)의 강성에 비례한다.

[0040] **진동계 내의 유체의 압력들**

[0041] 정상 조건들 하에서 압축 불가능한 액체를 가정하면, 질량이 유입구에서 제어 볼륨(예컨대, 파이프)에 진입하는 유량($\dot{m}_1$)은, 질량이 유출구에서 나가는 유량($\dot{m}_3$)과 동일하다. 유입구 질량 유량($\dot{m}_1$)이 유출구 질량 유량($\dot{m}_3$)은 동일해야 한다는 이러한 원칙이 아래의 수학식 2에 의해 예시된다. 유입구로부터 유출구로 이동하면, 파이프를 따라 각각의 지점에서 질량 유량이 보존된다. 그러나, 유입구와 유출구 사이의 중간에 유동 면적이 감소될 수 있다. 이러한 유동 면적의 감소는, 동일한 질량 유량을 유지하고 질량 보존의 법칙을 따르기 위해 유체의 속도가 증가(v↑)하는 것을 요구한다.

수학식 2

[0042] $$\dot{m}_1 = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

[0043] 여기서:

[0044] $\dot{m}$은 유체의 질량 유량이고,

[0045] v는 평균 유체 속도이고,

[0046] ρ는 유체의 농도이고,

[0047] A는 전체 단면적이고,

[0048] 아래 첨자 1은 유입구를 나타내고,

[0049] 아래 첨자 3은 유출구를 나타내고, 그리고

[0050] 아래첨자 2는 유입구와 유출구 사이의 중간을 나타낸다.

[0051] 부가적으로, 유동 시스템의 총 압력은 동적 압력과 정적 압력 둘 모두의 합과 동일하다.

수학식 3

[0052] $$P_{total} = P_{static} + P_{dynamic}$$

[0053] 동적 압력($P_{dynamic}$)은 다음과 같이 정의될 수 있다.

수학식 4

[0054] $$P_{dynamic} = \frac{\rho v^2}{2}$$

[0055] 여기서 항들(ρ 및 v)은 수학식 2와 관련하여 위에서 정의된다.

[0056] 정상, 압축 불가성, 비점성, 비회전 유동을 가정하면, 베르누이 방정식(Bernoulli equation)은 다음을 제공한다.

수학식 5

[0057] $$일정 = \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z + P$$

[0058] 여기서 P는 정적 압력을 나타내고, ρgz 항은 고도 변화들로 인한 정수두(hydrostatic head)를 설명한다. 더 구체적으로, g는 중력 상수이고, z는 높이이다. 압력 강하의 점성 부분은 베르누이 방정식에서 별개의 손실 항으로 취급될 수 있다.

수학식 6

[0059] $$\Delta P_{viscous} = -\frac{\rho v^2}{2}\frac{fL}{D}$$

[0060] 여기서:

[0061] f는 마찰 계수이고;

[0062] L은 파이프의 길이이고; 그리고

[0063] D는 파이프의 직경이다.

[0064] 아래 수학식 7은, 파이프를 통한 이동과 연관된 마찰 손실들을 설명하는 베르누이 방정식의 버전이다. 유체가 파이프를 통해 이동함에 따라, 유체는 에너지를 소비하고, 정해진 파이프의 길이에 걸쳐 압력이 강하한다. 유체로부터의 에너지가 마찰 손실들을 통해 소모되었기 때문에, 이러한 압력 손실은 복구 불가하다. 따라서, 다음 수학식이 이 손실을 설명할 수 있다.

수학식 7

[0065] $$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g z_1 + \Delta P_{viscous} = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g z_2$$

[0066] 이러한 관계는 수학식 2를 참조하여 위에서 설명된 예시적인 파이프에 적용될 수 있다. 유체가 유입구로부터 유입구와 유출구 사이의 중간으로 이동할 때, 질량 유량을 보존하기 위해 속도가 변경된다. 따라서, 수학식 7에 도시된 관계를 유지하는데 있어서, 동적 압력 $\frac{\rho v^2}{2}$ 이 증가하여, 정적 압력이 감소하게 된다. 유체가 유입구와 유출구 사이의 중간으로부터 유출구로 이동함에 따라, 동일한 원칙들을 통해 정적 압력이 회복된다. 즉, 유입구와 유출구 사이의 중간으로부터 유출구로 이동하면, 유동 면적이 증가되고; 따라서 유체 속도가 감소되어, 초기 정적 압력의 일부를 회복하면서 동적 압력이 감소하게 한다. 그러나, 유출구에서의 정적 압력은 회복 불가능한 점성 손실들로 인해 낮아질 것이다.

[0067] 이것은, 유입구와 유출구에서의 정적 압력들이 유체의 증기 압력보다 더 높아지게 할 수 있는 반면에, 유입구와 유출구 사이의 정적 압력은 유체의 증기 압력보다 더 낮다. 결과적으로, 유입구와 유출구에서의 정적 압력들 둘 모두가 유체의 증기 압력보다 더 높지만, 파이프에서 플래싱 또는 가스 방출(outgassing)이 여전히 발생할 수 있다. 부가적으로, 코리올리 계측기와 같은 진동계는, 진동계의 도관 또는 도관들의 직경과 상이한 직경을 갖는 파이프라인 내에 삽입될 수 있다. 결과적으로, 진동계에서 가스 방출이 검출될 때, 파이프라인에서 측정된 압력이 진동계에 있는 유체의 증기 압력이 아닐 수 있다.

[0068] **계측 전자장치-구동 이득**

[0069] 도 2는 진동계(5)의 계측 전자장치(20)의 블록도이다. 동작 시에, 진동계(5)는 예컨대, 개별 유동 컴포넌트들의 볼륨 및 질량 유동 둘 모두를 포함하여, 질량 유량, 볼륨 유량, 개별 유동 컴포넌트 질량 및 볼륨 유량들, 및 총 유량의 측정된 또는 평균화된 값 중 하나 이상을 포함하는, 출력될 수 있는 다양한 측정 값들을 제공한다.

[0070] 진동계(5)는 진동 응답을 생성한다. 진동 응답은 하나 이상의 유체 측정 값들을 생성하도록 계측 전자장치(20)에 의해 수신 및 프로세싱된다. 값들은 모니터링되고, 레코딩되고, 저장되고, 총계되고 그리고/또는 출력될 수 있다. 계측 전자장치(20)는 인터페이스(201), 인터페이스(201)와 통신하는 프로세싱 시스템(203) 및 프로세싱 시스템(203)과 통신하는 저장 시스템(204)을 포함한다. 이들 컴포넌트들이 별개의 블록들로서 도시되지만, 계측 전자장치(20)는 통합된 그리고/또는 이산 컴포넌트들의 다양한 결합들로 구성될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0071] 인터페이스(201)는 진동계(5)의 계측 조립체(10)와 통신하도록 구성된다. 인터페이스(201)는 리드들(100)(도 1 참조)에 커플링되고, 예컨대, 구동기(180), 픽오프 센서들(170l 및 170r), 및 RTD들(190)과 신호들을 교환하도록 구성될 수 있다. 인터페이스(201)는 추가로, 통신 경로(26)를 통해, 이를테면, 외부 디바이스들과 통신하도록 구성될 수 있다.

[0072] 프로세싱 시스템(203)은 임의의 방식의 프로세싱 시스템을 포함할 수 있다. 프로세싱 시스템(203)은 진동계(5)를 동작시키기 위해 저장된 루틴들을 리트리브(retrieve) 및 실행하도록 구성된다. 저장 시스템(204)은 유량계 루틴(205), 밸브 제어 루틴(211), 구동 이득 루틴(213) 및 증기 압력 루틴(215)을 포함하는 루틴들을 저장할 수 있다. 저장 시스템(204)은 측정들, 수신된 값들, 작업 값들 및 다른 정보를 저장할 수 있다. 일부 실시예들에서, 저장 시스템은 질량 유동(m)(221), 농도(ρ)(225), 농도 임계치(226), 점도(μ)(223), 온도(T)(224), 압력(209), 구동 이득(306), 구동 이득 임계치(302), 가스 비말동반 임계치(244), 가스 비말동반 분율(248), 및 당분야에 알려진 임의의 다른 변수들을 저장한다. 루틴들(205, 211, 213, 215)은 언급된 임의의 신호 및 당분야에 알려진 그들의 다른 변수들을 포함할 수 있다. 다른 측정/프로세싱 루틴들이 고려되고 설명 및 청구항들의 범위 내에 있다.

[0073] 인지될 수 있는 바와 같이, 더 많거나 더 적은 값들이 저장 시스템(204)에 저장될 수 있다. 예컨대, 증기 압력은 점도(223)를 사용하지 않고 결정될 수 있다. 예컨대, 압력 강하 또는 유량의 함수로서 마찰에 관련된 함수에 기반하여 점도가 추정된다. 그러나, 점도(223)는 레이놀즈 수(Reynolds number)를 계산하는 데 사용될 수 있고, 그런 다음 레이놀즈 수는 마찰 계수를 결정하는 데 사용될 수 있다. 레이놀즈 수 및 마찰 계수는, 도 1을 참조하여 위에 설명된 도관들(130, 130')과 같은 도관의 점성 압력 강하를 결정하기 위해 이용될 수 있다. 인지될 수 있는 바와 같이, 레이놀즈 수가 반드시 이용될 필요는 없을 수 있다.

[0074] 유량계 루틴(205)은 유체 정량화들 및 유동 측정들을 생성 및 저장할 수 있다. 이들 값들은 실질적으로 순간적인 측정 값들을 포함할 수 있거나 총계 또는 누적 값들을 포함할 수 있다. 예컨대, 유량계 루틴(205)은, 예컨대, 질량 유동 측정들을 생성하고 이들을 저장 시스템(204)의 질량 유동(221) 저장소에 저장할 수 있다. 유량계 루틴(205)은, 예컨대, 농도(225) 측정들을 생성하고, 이들을 농도(225) 저장소에 저장할 수 있다. 질량 유동(221) 및 농도(225) 값들은 이전에 논의된 바와 같이 그리고 당분야에 알려진 바와 같이 진동 응답으로부터 결정된다. 질량 유동 및 다른 측정들은 실질적으로 순간적인 값을 포함할 수 있거나, 샘플을 포함할 수 있거나, 시간 간격에 걸친 평균 값을 포함할 수 있거나, 시간 간격에 걸친 누적 값을 포함할 수 있다. 시간 간격은 소정의 유체 조건들, 예컨대, 액체-단독 유체 상태, 또는 대안적으로 액체들 및 비말동반된 가스를 포함하는 유체 상태가 검출되는 시간의 블록에 대응하도록 선택될 수 있다. 또한, 다른 질량 및 볼륨 유동 및 관련된 정량화들이 고려되고 설명 및 청구항들의 범위 내에 있다.

[0075] 구동 이득 임계치(302)는 유동의 기간들, 유동 없음, 단위상/이상 경계(monophasic/biphasic boundary)(여기서

유체 위상 변화가 발생함), 및 가스 비말동반/혼합-위상 유동을 구별하는 데 사용될 수 있다. 유사하게, 농도 판독(225)에 적용된 농도 임계치(226)는 또한, 가스 비말동반/혼합-위상 유동을 구별하기 위해, 구동 이득(306)과 함께 또는 개별적으로 사용될 수 있다. 구동 이득(306)은, 예컨대, 액체 및 가스 위상들과 같은 서로 다른 농도들의 유체들의 존재에 대한 진동계(5)의 도관 진동의 감도에 대한 메트릭으로서 활용될 수 있다.

[0076] 본원에서 사용된 바와 같이, 구동 이득이라는 용어는 유동 튜브들을 지정된 진폭으로 구동시키는 데 필요한 전력량의 측정치를 나타낼 수 있지만, 임의의 적절한 정의가 사용될 수 있다. 예컨대, 구동 이득이라는 용어는, 일부 실시예들에서, 구동 전류, 픽오프 전압, 또는 특정 진폭에서 유동 도관들(130, 130')을 구동시키는 데 필요한 전력량을 표시하는 측정된 또는 유도된 임의의 신호를 나타낼 수 있다. 구동 이득은, 예컨대, 잡음 레벨들, 신호들의 표준 편차, 댐핑-관련 측정들, 및 혼합-위상 유동을 검출하기 위해 당분야에 알려진 임의의 다른 수단들과 같은 구동 이득의 특징을 활용함으로써 다중-위상 유동을 검출하는 데 사용될 수 있다. 이들 메트릭들은 혼합-상 유동을 검출하기 위해 픽-오프 센서들(1701 및 170r)을 통해 비교될 수 있다.

[0077] **유체의 위상 변화의 검출**

[0078] 도 3은 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 데 사용될 수 있는 구동 이득과 가스-액체 비율 사이의 관계를 예시하는 그래프(300)를 도시한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 그래프(300)는 평균 공극률 축(310) 및 구동 이득 축(320)을 포함한다. 평균 공극률 축(310) 및 구동 이득 축(320)은 퍼센티지 단위로 증가되지만, 임의의 적절한 단위들 및/또는 비율들이 이용될 수 있다.

[0079] 그래프(300)는 다양한 유량들에 대한 구동 이득들과 가스-액체 비율들 사이의 관계인 플롯들(330)을 포함한다. 도시된 바와 같이, 가스-액체 비율은 플롯들(330)의 평균 공극률 값이지만, GVF(gas volume fraction) 또는 가스 비말동반 분율과 같은 임의의 적절한 가스-액체 비율이 이용될 수 있고, 볼륨, 단면적 등에 기반할 수 있다. 인지될 수 있는 바와 같이, 플롯들(330)은 상이한 유량들과 연관됨에도 불구하고 유사하다. 또한 약 0.20% 평균 공극률에서 플롯들(330)과 교차하는 구동 이득 임계 라인(340)이 도시되며, 이는 40% 구동 이득에 대응하는 기준 평균 공극률(330a)일 수 있다. 또한 약 10%인 실제 증기 압력 구동 이득(332)이 도시된다. 실제 증기 압력 구동 이득(332)은, 유체 위상 변화가 발생하고 제로의 가스-액체 비율을 갖는 정적 압력을 갖는 계측 조립체의 유체에 대응한다.

[0080] 알 수 있듯이, 플롯들(330)은 0.00%에서 약 0.60%까지의 평균 공극률들의 범위에 걸쳐 약 10%의 구동 이득으로부터 약 100%의 구동 이득까지 달라진다. 인지될 수 있는 바와 같이, 평균 공극률에서 상대적으로 작은 변화는 구동 이득에서 상당한 변화를 초래한다. 이러한 상대적으로 작은 변화는, 구동 이득으로 증기 형성의 시작(onset)이 정확하게 검출될 수 있음을 보장할 수 있다.

[0081] 40%의 구동 이득이 0.20%의 평균 공극률에 대응하는 것으로 도시되지만, 대응관계(correspondence)는 프로세스에 대해 특정적일 수 있다. 예컨대, 40%의 구동 이득은 다른 프로세스 유체들 및 조건들에서 다른 평균 공극률들에 대응할 수 있다. 상이한 유체들은 상이한 증기 압력들을 가질 수 있고, 따라서 유체들에 대한 증기 형성의 시작은 상이한 유량들에서 발생할 수 있다. 즉, 상대적으로 낮은 증기 압력을 갖는 유체는 더 높은 유량들로 증발할 것이고, 상대적으로 높은 증기 압력을 갖는 유체는 더 낮은 유량들로 증발할 수 있다.

[0082] 또한 인지될 수 있는 바와 같이, 구동 이득 임계 라인(340)은 대안적인/다른 구동 이득들에 있을 수 있다. 그러나, 비말동반/혼합 위상 유동의 잘못된 검출들을 제거하는 동시에, 또한 증기 형성의 시작이 정확하게 검출되는 것을 보장하기 위해, 구동 이득을 40%로 설정하는 것이 유리할 수 있다.

[0083] 또한, 플롯들(330)은 구동 이득을 이용하지만, 측정된 농도 등과 같은 다른 신호들이 사용될 수 있다. 측정된 농도는 유체에서 공극들의 존재로 인해 증가 또는 감소할 수 있다. 예컨대, 측정된 농도는, 음속 효과(velocity-of-sound effect)로 인한 상대적으로 높은 주파수 진동계들의 공극들로 인해 반직관적으로(counterintuitively) 증가할 수 있다. 상대적으로 낮은 주파수 계측기들에서, 공극들의 농도가 유체보다 더 낮기 때문에, 측정된 농도가 감소할 수 있다. 이들 및 다른 신호들은 단독으로 또는 조합하여 계측 조립체에서 증기의 존재를 검출하는 데 사용될 수 있다.

[0084] 위에서 논의된 바와 같이, 0.20% 평균 공극률 값은 40% 구동 이득 값에 대응하는 기준 평균 공극률(330a)일 수 있으며, 40% 구동 이득 값은 구동 이득 임계 라인(340)이 구동 이득 축(320)과 교차하는 곳일 수 있다. 따라서, 측정된 구동 이득이 위에 설명된 계측 조립체(10)와 같은 계측 조립체의 유체에 대해 40%일 때, 유체의 평균 공극률은 약 0.20%일 수 있다. 약 0.20%의 공극률은 유체에 존재하는 가스로 인한 유체의 압력에 대응할 수 있다. 예컨대, 약 0.20%의 공극률은, 예컨대, 정적 압력 값에 대응할 수 있다.

[0085] 구동 이득, 또는 농도와 같은 다른 신호와 기준 평균 공극률(330a) — 이는 기준 가스-액체 비율일 수 있음 — 사이의 이전에 결정된 관계로 인해, 증기 압력 값은 증기 압력계 계수와 연관될 수 있다. 예컨대, 계측 조립체는, 유체 위상 변화가 검출될 때까지, 정적 압력이 증가하거나 감소하는 동안 진동될 수 있다. 그런 다음, 증기 압력 값은, 도 4를 참조하여 이하에서 더 상세히 설명될 바와 같이, 정적 압력으로부터 결정될 수 있다. 결정된 증기 압력 값은, 예컨대, 구동 이득 임계 라인(340)에서의 정적 압력에 대응할 수 있다. 이러한 결정된 증기 압력 값은 실제 증기 압력 구동 이득(332)에 대응하도록 증기 압력계 계수(vapor pressure meter factor)에 의해 조정될 수 있고, 실제 증기 압력 구동 이득(332)은 위상 변화가 발생하거나 단상/이상 경계(monophasic/biphasic boundary)가 만나는 곳이다. 따라서, 유체 내의 가스의 존재가 유체의 실제 증기 압력과 상이한 정적 압력에서 검출될 수 있지만, 그럼에도 불구하고 실제 증기 압력 값이 결정될 수 있다.

[0086] 예로서 기준 평균 공극률(330a)을 사용하여, 계측 조립체의 정적 압력은, 구동 이득이 40%에 도달할 때까지 감소될 수 있으며, 이로써 계측 조립체의 유체가 0.20%의 평균 공극률을 갖는다는 것을 나타낼 수 있다. 위에 설명된 프로세싱 시스템(203)과 같은 프로세싱 시스템은, 유체가, 예컨대, 40% 구동 이득에 대응하는 정적 압력보다 비례적으로 더 높은 정적 압력에서 증발하기 시작했다고 결정할 수 있다. 예컨대, 실제 증기 압력 값은 약 10%의 구동 이득과 연관될 수 있다. 인지될 수 있는 바와 같이, 정적 압력 계산에 수반된 불확실성들(예컨대, 압력 센서로부터의 에러들, 유량 측정 에러들 등)로 인해, 실제 증기 압력은 40% 구동 이득과 연관된 계산된 정적 압력보다 비례적으로 더 낮을 수 있다. 실제 증기 압력은, 유체 위상 변화가 발생하지만 가스-액체 비율이 제로인 유체의 정적 압력에 대응한다.

[0087] 따라서, 측정된 구동 이득은 가스를 검출하는 데 사용될 수 있지만, 여전히 매우 정확한 실제 증기 압력 값을 발생시킬 수 있다. 더 구체적으로, 가스 방출이 처음 발생하는 순간에, 약간의 작은 거품이 존재하는 경우, 검출을 위한 구동 이득 임계 라인(340)을 넘어 구동 이득이 증가하지는 않을 수 있다. 동적 압력은, 예컨대, 구동 이득이 구동 이득 임계 라인(340)을 지나서 정적 압력이 강하할 때까지 유량을 계속 증가시키는 펌프에 의해 증가될 수 있다. 애플리케이션에 의존하여, 이러한 계산된 정적 압력(예컨대, 보정되지 않은 증기 압력)은, 유체 위상 변화를 검출하는 데 있어서 지연을 설명하기 위해, 예컨대, 1 psi의 증기 압력계 계수에 의해 보정(예컨대, 조정 - 감소 또는 증가)될 수 있다. 즉, 증기 압력계 계수가 결정되고, 가스가 검출되는 구동 이득과 실제 증기 압력의 차이를 설명하기 위해 구동 이득의 함수로서 보정되지 않은 증기 압력 측정치에 적용되어, 소량의 가스를 검출할 수 있다.

[0088] 예로서, 도 3을 참조하면, 40%의 측정된 구동 이득은, 예컨대, 실제 증기 압력과 연관된 구동 이득에 대응하는 정적 압력보다 1 psi 더 낮은 계측 조립체의 유체의 정적 압력에 대응할 수 있다. 따라서, 진동계(5) 또는 계측 전자장치(20), 또는 임의의 적절한 전자장치는, 증기 압력계 계수가 1 psi임을 결정하고, 이 값을 40% 구동 이득과 연관된 정적 압력에 추가할 수 있다. 결과적으로, 진동계(5)는 유체의 위상 변화를 정확하게 검출할 수 있고, 따라서 또한 구동 이득을 사용하여 유체의 증기 압력을 정확하게 결정할 수 있다.

[0089] 그러나, 구동 이득을 사용하지 않는, 위상 변화를 검출하는 다른 수단이 이용될 수 있다. 예컨대, 위상 변화는 음향 측정, x-선 기반 측정들, 광학 측정 등에 의해 검출될 수 있다. 또한, 위의 구현들의 조합들이 고려될 수 있다. 예컨대, 수직으로 분포된 음향 및/또는 광학 측정치들을 갖는 루프에서 수직으로 연장되는 우회 라인은 가스가 처음에 방출되는 위치를 결정한다. 그런 다음, 이러한 높이는, 다음에 설명되는 바와 같이, 진동계(5)에서 유체의 증기 압력을 계산하는 데 필요한 입력을 제공한다.

[0090] **진동계의 압력 강하**

[0091] 도 4는 진동계의 유체의 정적 압력이 증기 압력을 결정하는 데 사용될 수 있는 방법을 예시하는 그래프(400)를 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 그래프(400)는 위치 축(410) 및 정적 압력 축(420)을 포함한다. 위치 축(410)은 임의의 특정 길이 단위들로 도시되지 않지만, 인치 단위일 수 있지만, 임의의 적절한 단위가 이용될 수 있다. 정적 압력 축(420)은 제곱 인치당 파운드(psi) 단위이지만, 임의의 적절한 단위가 이용될 수 있다. 위치 축(410)은 진동계의 유입구("IN")로부터 유출구("OUT")까지의 범위이다.

[0092] 따라서, IN으로부터 OUT으로의 위치는, 예컨대, 도 1에 도시된 계측 조립체(10) 내의 유체에 대응할 수 있다. 이 예에서, IN으로부터 A 주위까지의 구역은 플랜지(103)와 도관 장착 블록(120) 사이의 계측 조립체(10)의 부분에 대응할 수 있다. A 주위로부터 G 주위의 구역은 장착 블록들(120, 120') 사이의 도관들(130, 130')에 대응할 수 있다. G로부터 OUT까지의 구역은 장착 블록(120')으로부터 플랜지(103')까지의 계측 조립체(10)의 부분에 대응할 수 있다. 따라서, 계측 조립체(10)(예컨대, IN으로부터 OUT까지의 범위의 위치) 내의 유체는, 예컨대, 계측 조립체(10)가 삽입되는 파이프라인 내의 유체를 포함하지 않을 수 있다. 계측 조립체(10) 내의 유

체는 도관들(130, 130') 내의 유체일 수 있다.

[0093] 그래프(400)는 또한 제로 동적 압력 플롯(430) 및 동적 압력 변화 플롯(440)을 포함한다. 제로 동적 압력 플롯(430)은 동적 압력의 변화가 없음을 보여주고, 압력은 진동계의 유입구로부터 유출구로 선형적으로 감소하는 것으로 가정된다. 동적 압력 변화 플롯(440)은 파이프라인에 삽입된 진동계의 실제 압력을 나타낼 수 있고, 진동계의 도관 또는 도관들의 직경은 파이프라인의 직경 미만이다. 임의의 적절한 진동계가 이용될 수 있지만, 예시적인 진동계(5)가 도 1에 도시된다. 따라서, 위에 설명된 계측 조립체(10)와 같은 계측 조립체 내의 유체는 동적 압력의 증가로 인해 감소된 정적 압력을 가질 수 있다. 또한 진동계 내의 유체의 증기 압력을 나타내는 증기 압력 라인(450)이 도시된다.

[0094] 동적 압력 변화 플롯(440)은 정적 압력 강하 섹션(440a), 점성 손실 섹션(440b) 및 정적 압력 증가 섹션(440c)을 포함한다. 동적 압력 변화 플롯(440)은 또한 최소 정적 압력(440d)을 포함한다. 정적 압력 강하 섹션(440a)은, 진동계의 이러한 섹션의 동적 압력의 대응하는 증가를 야기하는 유체 속도의 증가로 인한 것일 수 있다. 점성 손실 섹션(440b)은 진동계의 도관 또는 도관들의 일정한 직경 부분에 대응할 수 있다. 따라서, 점성 손실 섹션(440b)은 유체 속도의 증가를 반영하지 않을 수 있고, 따라서 동적 압력의 증가를 반영하지 않을 수 있다. 정적 압력 증가 섹션(440c)은 유체 속도의 감소로 인한 것일 수 있으며, 따라서 정적 압력 강하 섹션(440a) 동안의 정적 압력 감소가 회복할 수 있다. 정적 압력 강하 섹션(440a) 및 정적 압력 증가 섹션(440c)은 계측 조립체의 정적 압력 변화들일 수 있다.

[0095] 최소 정적 압력(440d)을 포함하는 증기 압력 라인(450) 아래에 놓이는 동적 압력 변화 플롯(440)의 부분은 위에 설명된 계측 조립체(10)와 같은 계측 조립체 내의 유체에서 유체 위상 변화가 발생하는 (예컨대, 위치(E) 주위로부터 위치(G) 약간 뒤까지) 위치들에 대응할 수 있다. 도 4에서 알 수 있듯이, 최소 정적 압력(440d)은 증기 압력 라인(450) 아래에 있다. 이것은, 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 증가시킴으로써 동적 압력 변화 플롯(440)이 위쪽으로 시프팅될 수 있음을 나타낸다. 그러나, 최소 정적 압력(440d)이 증기 압력 라인(450)에 놓일 때까지 동적 압력 변화 플롯(440)을 시프팅하기 위해 정적 압력이 약 5 psi만큼 증가되었다면, 유체 위상 변화가 검출될 수 있다. 정적 압력이 증가되기 때문에, 계측 조립체의 유체에 있는 가스 또는 증기가 액체가 될 수 있다. 반대로, 동적 압력 변화 플롯(440)이 증기 압력 라인(450) 위에 있고, 최소 정적 압력(440d)이 증기 압력 라인에 놓일 때까지 계측 조립체의 유체의 정적 압력이 감소되었다면, 유체 위상 변화는 유체에서 가스 또는 증기의 형성일 수 있다.

[0096] 도 4에서 알 수 있듯이, 점성 손실 섹션(440b)은 위치(A)에서 약 68 psi의 정적 압력으로부터 위치(G)에서 약 55 psi의 정적 압력으로 감소한다. 인지될 수 있는 바와 같이, 위치(G)에서 약 55 psi의 정적 압력은 약 58 psi인 증기 압력 라인(450)보다 더 낮다. 결과적으로, 유입구와 유출구에서의 정적 압력들이 증기 압력 라인(450)보다 더 높더라도, 진동계의 유체는 여전히 플래싱되거나 가스 방출될 수 있다.

[0097] 따라서, 유입구와 유출구에서의 정적 압력은 유체의 증기 압력에 직접적으로 대응하지 않는다. 다시 말해서, 유체의 증기 압력은 파이프라인 내의 또는 계측 조립체 외부의 유체의 정적 압력으로부터 직접적으로 결정되지 않을 수 있다. 계측 조립체(10) 또는 더 구체적으로 도관들(130, 130')의 정적 압력은, 예컨대, 유입구 및 유출구에서의 압력 측정치들을 사용하고 진동계(5)의 치수들(예컨대, 도관(130, 130')의 직경 및 길이)을 입력함으로써 정확히 결정될 수 있다. 그러나, 증기 압력을 정확하게 결정하기 위해, 진동계(5)에서 유체의 위상 변화가 유도될 필요가 있을 수 있으며, 위상 변화는 진동계(5)에서 유체의 정적 압력을 변경함으로써 발생될 수 있다.

[0098] **유체의 정적 압력의 변경**

[0099] 도 5는 유체의 증기 압력을 결정하기 위한 시스템(500)을 도시한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 시스템(500)은 파이프라인(501)에 커플링된 우회 유입구 및 우회 유출구를 포함하는 우회로이다. 시스템(500)은, 코리올리 계측기로서 예시된 진동계(5)의 유출구 및 우회 유출구와 유체 연통하는 펌프(510)를 포함한다. 유입구 압력 센서(520)는 진동계(5)의 유입구 및 우회 유입구와 유체 연통한다. 유출구 압력 센서(530)는 진동계(5)의 유출구와 펌프(510) 사이에 배치되고, 진동계(5)의 유출구에서 유체의 정적 압력을 측정하도록 구성된다. 밸브로서 도시된 유량 제어 디바이스(540)는 우회 유입구와 유입구 압력 센서(520) 사이에 배치된다.

[0100] 펌프(510)는, 예컨대, 진동계(5)에서 유체의 속도를 증가시킬 수 있는 임의의 적절한 펌프일 수 있다. 펌프(510)는, 예컨대, 가변 주파수 구동을 포함할 수 있다. 가변 주파수 구동은 펌프(510)가 시스템(500)에서 유체의 유체 속도를 제어하는 것을 허용할 수 있다. 예컨대, 가변 주파수 구동은 진동계(5)를 통해 유체의 유체 속

도를 증가시킬 수 있지만, 유체 속도는 임의의 적절한 펌프에 의해 증가될 수 있다. 유체 속도를 증가시킴으로써, 펌프(510)는 유체 속도를 증가시킴으로써 진동계(5) 내의 유체의 동적 압력을 증가시킬 수 있다.

[0101] 따라서, 진동계(5) 내의 유체의 정적 압력이 감소할 수 있다. 예시로서, 도 4를 참조하면, 펌프(510)는 동적 압력 변화 플롯(440)이 아래쪽으로 시프팅하게 할 수 있다. 따라서, 도 4에는 도시되지 않지만, 동적 압력 변화 플롯(440)이 증기 압력 라인(450) 위에 있다면, 펌프(510)는 동적 압력 변화 플롯(440)이 아래쪽으로 시프팅하게 함으로써 플래싱 또는 가스 방출을 유도할 수 있다. 유사하게, 동적 압력 변화 플롯(440)을 증기 압력 라인(450) 위로 또는 그 위로 시프팅함으로써, 유체 내의 가스 또는 증기가 액체가 될 수 있다.

[0102] 유입구 압력 센서(520) 및 유출구 압력 센서(530)는 유체의 임의의 압력을 측정하도록 구성된 임의의 적절한 압력 센서일 수 있다. 예컨대, 유입구 압력 센서(520) 및 유출구 압력 센서(530)는 시스템(500) 내의 유체의 정적 압력을 측정할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 유입구 압력 센서(520) 및 유출구 압력 센서(530)는 시스템(500) 내의 유체의 총 압력을 측정할 수 있다. 일 예에서, 유체의 동적 압력은 위의 수학식 3에 따라 시스템(500)에서 유체의 전체 압력과 정적 압력 사이의 차이를 취함으로써 결정될 수 있다. 예컨대, 유입구 압력 센서(520)는 진동계(5)의 유입구에 근접하거나 유입구에서 유체의 전체 압력 및 정적 압력을 측정할 수 있다. 유입구 압력 센서(520) 및/또는 진동계(5)의 계측 전자장치(20)는 진동계(5)의 유입구에서 동적 압력을 결정할 수 있다.

[0103] 유량 제어 디바이스(540)는, 유량 제어 디바이스(540)의 위치가 부분적으로 폐쇄된 위치로부터 완전히 개방된 위치로 이동될 때, 시스템(500)에서 유체의 유체 속도를 증가시킬 수 있다. 예컨대, 진동계(5)의 유입구에서 시스템(500)의 유동 제한을 감소시킴으로써, 유체의 속도는 위의 수학식 2에 따라 증가할 수 있다. 이것은 플래싱 또는 가스 방출을 유도하기 위해 동적 압력 변화 플롯(440)을 아래로 시프팅할 수 있다. 반대로, 유량 제어 디바이스(540)는 시스템(500)에서 유체의 유체 속도를 감소시키고, 이로써 동적 압력 변화 플롯(440)을 위로 시프팅시키고, 이로써 가스 또는 증기들이 응축되게 할 수 있다.

[0104] 유량 제어 디바이스(540)가 개방될 때, 유체 속도가 증가할 것이지만, 진동계(5) 유입구에서 정적 압력도 증가할 것이며, 그 역도 가능하다. 유량 제어 디바이스(540)와 펌프(510)의 조합은, (예컨대, 유동을 제한하고 유량 제어 디바이스(540)의 다운스트림 압력을 낮추기 위해) 유량 제어 디바이스(540)를 부분적으로 폐쇄하고, 바람직하게 더 낮은 정적 압력 및 더 높은 속도를 획득하기 위해 펌프 속도를 증가(예컨대, 유량을 증가)시킴으로써 선호되는 프로세스 조건을 제공할 수 있다.

[0105] 진동계(5) 내의 유체의 정적 압력, 또는 더 구체적으로 진동계(5)의 계측 조립체(10)가 위에서 설명된 펌프(510) 또는 유량 제어 디바이스(540), 또는 둘 모두의 조합을 사용함으로써 변경될 수 있지만, 정적 압력을 변경하는 다른 수단이 이용될 수 있다. 예컨대, 진동계(5)의 높이(z)는 변경될 수 있다. 진동계(5)에서 유체의 정적 압력을 감소시키기 위해, 높이(z)가 증가될 수 있다. 진동계(5)에서 유체의 정적 압력을 증가시키기 위해, 높이(z)가 감소될 수 있다. 진동계(5)의 높이(z)는 진동계(5)와 파이프라인(501) 사이에 전동식 리프트(motorized lift) 및 진동계(5), 예컨대, 유량 제어 디바이스(540)와 펌프(510) 사이의 벨로즈(bellows)와 같은 임의의 적절한 수단에 의해 변경될 수 있다. 다양한 수단(예컨대, 펌프(510), 유량 제어 디바이스(540), 및/또는 전동식 리프트)의 조합뿐만 아니라 다른 수단이 이용될 수 있다.

[0106] 예컨대, 우회를 통한 유량이 충분하면, 펌프가 반드시 이용되는 것은 아닐 수 있다. 유량 제어 디바이스(540)만이 사용될 수 있다. 유량 제어 디바이스(540)는 진동계(5)의 다운스트림과 같은 다른 위치들에 설치될 수 있다. 대안적으로, 유량 제어 디바이스(540)는, 이를테면, 펌프(510) 및/또는 전동식 리프트가 사용되는 경우, 이용되지 않을 수 있다. 다른 대안적인 예에서, 계측기는 우회로가 아닌 메인 라인에 설치될 수 있다. 부가적으로, 또는 대안적으로, 단지 단일 압력 센서가 이용될 수 있다. 예컨대, 유출구 압력 센서(530)만이 이용될 수 있다. 유입구 및/또는 유출구 압력 센서들(520, 530)은 대안적인 위치들에 위치될 수 있다. 일단 계측 조립체(10) 내의 유체가 증기 압력에 있다면, 유출구 압력 센서(530)의 위치에서의 정적 압력이 유체 속도에 대해 실질적으로 안정화될 수 있기 때문에, 유출구 압력 센서(530) 및 그의 위치가 유리할 수 있다. 즉, 유체 속도의 임의의 추가적인 증가는 유출구 압력 센서(530)에 의해 측정되는 정적 압력의 실질적인 감소를 야기하지 않을 수 있다.

[0107] **실제 증기 압력과 리드 증기 압력**

[0108] 위에서 논의한 바와 같이, 코리올리 계측기 기반 시스템은 0:1의 가스-액체 비율에서 실제 증기 압력을 제공할 수 있으며, 이것은 엔지니어링 계산들에 대해 더 유용한 파라미터일 수 있다. 부가적으로, 코리올리 기반 시스

템은 증기 압력이 낮은 컴포넌트("저비점 성분(light-end)들")를 여전히 가질 수 있는 "라이브 샘플"을 측정할 수 있다. 이것은, 저비점 성분들이 증발되고 샘플링 동안에 손실되는 "데드 샘플"을 사용하여 측정하는 방법들과 비교할 때, 잠재적인 이익일 수 있다. 부가적으로, 실험실 분석을 위해 증기로 가득 찬 샘플 용기들을 수송할 필요가 없다는 안전상의 이익들이 실현될 수 있다.

[0109] 다른 증기 압력 측정들과 관련하여, 계측 전자장치(20)는 4:1에서 리드 증기 압력, 또는 다른 상관관계들을 사용하여 일부 다른 V/L 비율을 역계산(back-calculate)하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 가솔린에 대한 실제 증기 압력 측정치들로부터 리드 증기 압력을 획득하기 위해, 다음 수학식들이 사용될 수 있다.

수학식 8

[0110] $$A = A_1 - A_2 ln(TVP)$$

수학식 9

[0111] $$B = B_1 - B_2 ln(TVP)$$

수학식 10

[0112] $$RVP = exp\left(A - \frac{B}{T + C}\right)$$

[0113] 유사하게, 원유에 대한 실제 증기 압력 측정치들로부터 리드 증기 압력을 획득하기 위해, 다음 수학식들이 사용될 수 있다.

수학식 11

[0114] $$A = A_1 - A_2 ln(TVP) - A_3(T + C)$$

수학식 12

[0115] $$B = B_1 - B_2 ln(TVP) - B_3[\ln(TVP)]^2$$

수학식 13

[0116] $$RVP = exp\left(A - \frac{B}{T + C}\right)$$

[0117] 여기서:

[0118] T는 온도(℃)이고;

[0119] TVP는 실제 증기 압력(kPa)이고;

[0120] RVP는 리드 증기 압력(kPa)이고; 그리고

[0121] A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3 및 C는 리드 증기 압력과 실제 증기 압력 사이를 변환하기 위한 파라미터들이고, 유체의 조성에 의존한다.

[0122] 예로서, 변환 파라미터들 A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3 및 C는 (SI 단위의 경우) 다음 값들을 가질 수 있다.

표 1

[0123]

파라미터	가솔린	원유
A1	9.4674	16.62
A2	-0.9445	0.9875
B1	5211.0	5339
B2	16.014	675.7
C	459.67	273.15

[0124] 제로에 가까운 가스-액체 비율에서 증기 압력을 측정하는 것의 이익의 예는 원유의 철도 수송에서 볼 수 있다. 대부분의 증기 압력 테스팅 방법들은 4:1의 가스-액체 비율 및 37.8℃의 측정 온도를 요구한다. 그러나, 원유는 80℃ 및 0:1에 가까운 가스-액체 비율에서 수송될 수 있다. 이러한 조건들 하에서, 저비점 성분들은 "데드(dead)" 원유에서도 증발하기 시작하고, 기하급수적인 압력 증가와 함께 가스 혼합물을 생성할 수 있다. 증기 압력이 4:1의 가스-액체 비율 및 37.8℃의 온도에서 측정되는 경우에는 이것은 예측될 수 없다. 안전 계산들을 위해, 프로세스 온도 및 0:1에 가까운 가스-액체 비율에서 파이프라인들로 수송되는 증기 압력을 측정하는 것이 중요할 수 있고, 이는 도 6의 설명과 일치하는 방법을 사용하여 달성될 수 있으며, 그 방법 중 예시적인 방법이 아래에 설명된다.

[0125] **증기 압력계 계수의 사용**

[0126] 도 6은 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 방법(600)을 도시한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 방법(600)은 유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공하는 단계(610)로 시작한다. 방법(600)에 의해 이용되는 계측 조립체는 위에서 설명된 계측 조립체(10)일 수 있지만, 임의의 적절한 계측 조립체가 이용될 수 있다. 단계(620)에서, 계측 조립체에 제공되는 구동 신호의 구동 이득이 측정된다. 유체의 증기 압력은 단계(630)에서 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계에 기반하여 결정된다.

[0127] 방법(600)은 부가적인 단계들을 포함할 수 있다. 예컨대, 구동 이득이 측정될 때, 정적 압력이 결정될 수 있다. 예컨대, 정적 압력은, 구동 이득이 측정되는 때와 동시에 결정될 수 있다. 도 3을 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 측정된 구동 이득은 구동 이득 임계 라인(340)과 같은 위상 변화를 검출하기 위한 구동 이득 임계치와 연관될 수 있다. 구동 이득이 구동 이득 임계치에서 측정될 때, 방법(600)은 또한 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정할 수 있다. 따라서, 측정된 정적 압력은 보정되지 않은 증기 압력일 수 있다. 이러한 보정되지 않은 증기 압력은, 실제 증기 압력을 결정하기 위해 증기 압력계 계수를 사용하여 조정될 수 있다.

[0128] 단계(610)에서, 구동 신호는 위에서 설명된 계측 전자장치(20)에 의해 제공될 수 있지만, 임의의 적절한 전자장치가 이용될 수 있다. 유체는 비말동반된 가스, 거품들, 슬러그 유동 등과 같은 가스 또는 증기를 가질 수 있거나 가질 수 없다. 유체의 속도는, 예컨대, 진동계(5)와 연계된 펌프로 인해 변할 수 있지만, 임의의 적절한 구성이 이용될 수 있다. 계측 조립체 내의 유체의 속도를 변경함으로써, 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력이 증가하거나 감소할 수 있다. 예컨대, 유체의 속도를 증가시키는 것은 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 감소시킬 수 있다.

[0129] 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계는 직접적인 관계 또는 간접적인 관계일 수 있다. 예컨대, 구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의 직접적인 미리 결정된 관계는, 범위에 걸쳐 구동 이득과 가스-액체 비율을 관련시키는 선형 관계일 수 있다. 범위는 실제 증기 압력과 연관된 구동 이득으로부터 100%의 구동 이득까지일 수 있다. 예에서, 실제 증기 압력과 연관된 구동 이득은 약 10%일 수 있지만, 임의의 적절한 값이 이용될 수 있다.

[0130] 예시적인 간접적인 관계에서, 기준 가스-액체 비율은, 증기 압력계 계수로부터 감산된 정적 압력과 연관될 수 있다. 따라서, 증기 압력계 계수는 또한 보정되지 않은 증기 압력과 연관된 구동 이득 임계치와 연관될 수 있다. 따라서, 가스-액체 비율의 값은 실제 증기 압력과 같은 증기 압력을 계산하는 데 반드시 사용될 필요는 없지만, 그럼에도 불구하고 구동 이득과 가스-액체 비율 사이의 이전에 결정된 관계는 증기 압력을 결정하기 위한 기반이 될 수 있다.

[0131] 도 7은 증기 압력을 결정하기 위한 증기 압력계 계수를 결정하는 방법(700)을 도시한다. 도 7에 도시된 바와

같이, 방법(700)은, 단계(710)에서, 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력을 결정한다. 단계(720)에서, 방법(700)은 유체의 정적 압력과 실제 증기 압력 사이의 차이를 결정한다.

[0132] 방법(700)은 계측 조립체에 신호를 제공하는 단계, 계측 조립체에 제공된 구동 신호의 구동 이득을 측정하는 단계, 및/또는 계측 조립체 내의 유체의 정적 압력과 구동 이득을 연관시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 방법(700)은 유체의 위상 변화를 검출하기 위한 구동 이득 임계치와 측정된 구동 이득을 연관시키는 단계, 및 그 차이와 구동 이득 임계치를 연관시키는 단계를 포함할 수 있다.

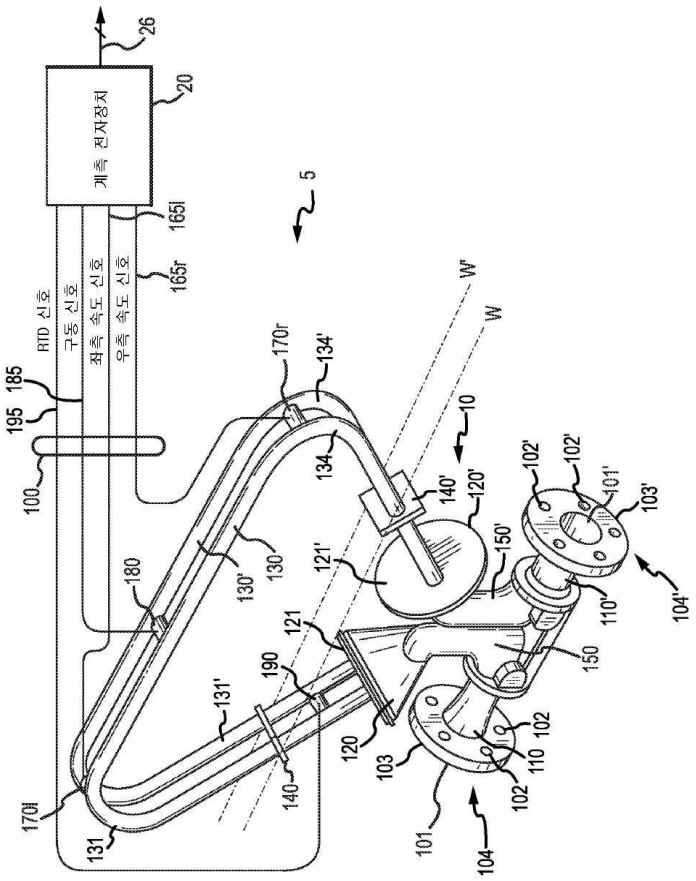
[0133] 상기는 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 진동계(5), 특히 계측 전자장치(20), 및 방법(600)을 설명한다. 증기 압력계 계수를 사용함으로써, 구동 이득 임계 라인(340)과 같은 임계치가 설명될 수 있다. 더 구체적으로, 구동 이득 임계 라인(340)과 연관된 증기 압력 값은, 실제 증기 압력 값을 획득하기 위해 증기 압력계 계수에 의해 보정될 수 있다. 실제 증기 압력 값은, 유체에서 위상 변화가 발생하지만 유체에 어떠한 증기도 없는 경우에 대응할 수 있다. 따라서, 결정된 증기 압력은 더 정확할 수 있다. 결과적으로, 진동계(5) 및 계측 전자장치(20)에 의해 제공된 값들이 더 정확하기 때문에, 진동계(5) 및 계측 전자장치(20)의 동작이 개선된다. 증기 압력 측정들의 기술 분야에서 더 정확한 측정들은 유체 프로세스 제어 등과 같은 다른 기술 분야들을 개선할 수 있다.

[0134] 상기 실시예들의 상세한 설명들은 본 명세서의 범위 내에 있는 것으로 본 발명자들에 의해 고려되는 모든 실시예들에 대한 철저한 설명들은 아니다. 실제로, 당업자들은 전술한 실시예들의 특정 엘리먼트들이 다른 실시예들을 생성하기 위해 다양하게 조합되거나 제거될 수 있으며, 그러한 다른 실시예들이 본 명세서의 범위 및 교시들 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 당업자들에게는, 전술한 실시예들이 전체적으로 또는 부분적으로 조합되어 본 명세서의 범위 및 교시들 내에서 추가적인 실시예들을 생성할 수 있다는 것이 자명할 것이다.

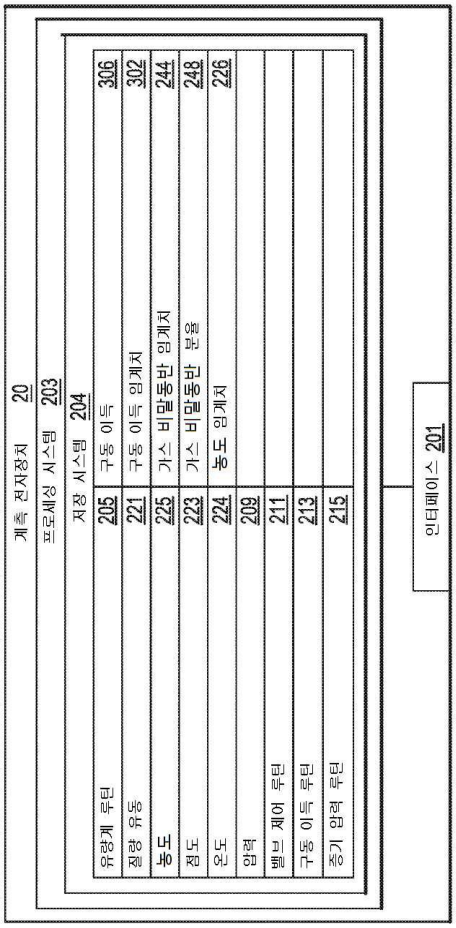
[0135] 따라서, 특정 실시예들이 예시의 목적들을 위해 본원에 설명되었지만, 당업자들이 인식하는 바와 같이, 본 명세서의 범위 내에서 다양한 등가 변형예들이 가능하다. 본원에 제공된 교시들은 증기 압력계 계수를 사용하여 증기 압력을 결정하는 다른 방법들에 적용될 수 있으며, 상기에서 설명되고 첨부 도면들에 도시된 실시예들에만 적용될 수 있는 것은 아니다. 따라서, 전술한 실시예들의 범위는 하기의 청구범위로부터 결정되어야 한다.

도면

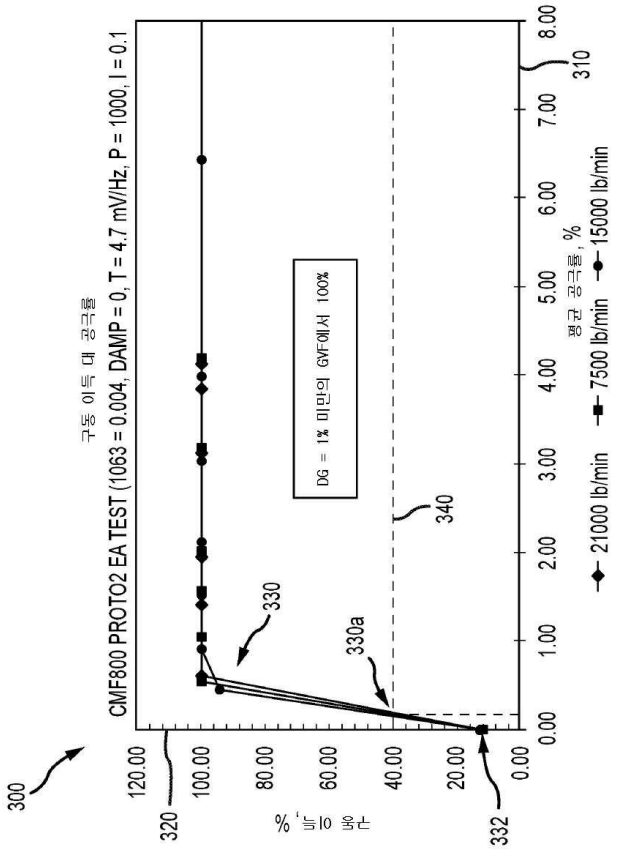
도면1



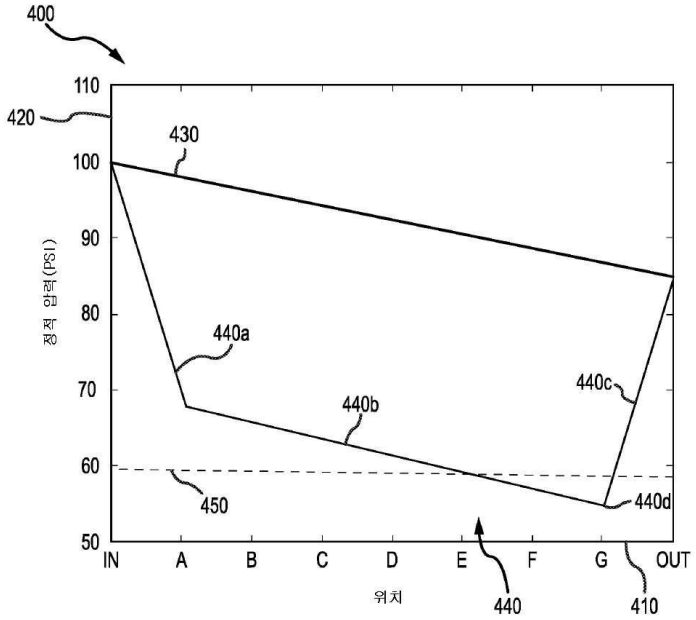
도면2


계측 전자장치 20
프로세싱 시스템 203
저장 시스템 204
유량계 루틴 205
질량 유동 221
농도 225
점도 223
온도 224
압력 209
밸브 제어 루틴 211
구동 이득 루틴 213
증기 압력 루틴 215
구동 이득 306
구동 이득 임계치 302
가스 비말동반 임계치 244
가스 비말동반 분율 248
농도 임계치 226
인터페이스 201

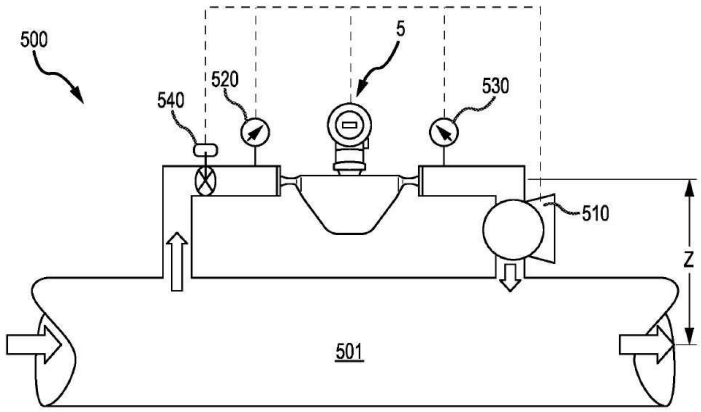
도면3


300
CMF800 PROTO2 EA TEST (1063 = 0.004, DAMP = 0, T = 4.7 mV/Hz, P = 1000, I = 0.1
구동 이득 대 공극률
DG = 1% 미만의 GVF에서 100%
320
330
330a
332
340
310
구동 이득, %
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
0.00
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
평균 공극률, %
21000 lb/min
7500 lb/min
15000 lb/min

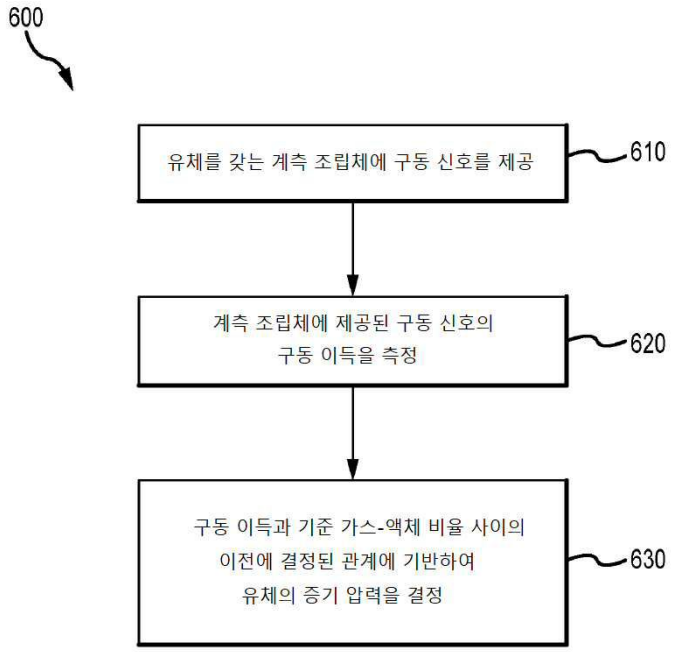
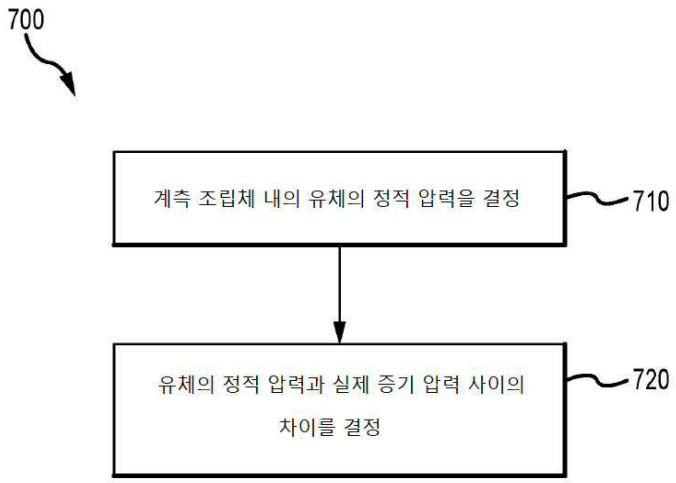
도면4


400
420
430
440a
440b
440c
440d
450
440
410
정적 압력(PSI)
110
100
90
80
70
60
50
IN
A
B
C
D
E
F
G
OUT
위치

도면5


500
5
520
530
540
510
Z
501

도면6


600
유체를 갖는 계측 조립체에 구동 신호를 제공
610
계측 조립체에 제공된 구동 신호의
구동 이득을 측정
620
구동 이득과 기준 가스-액체 비율 사이의
이전에 결정된 관계에 기반하여
유체의 증기 압력을 결정
630

도면7