



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0136626
(43) 공개일자 2017년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 1/84 (2006.01) G01F 15/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 1/8436 (2013.01)
G01F 15/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7032844
(22) 출원일자(국제) 2015년04월14일
심사청구일자 2017년11월13일
(85) 번역문제출일자 2017년11월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/025807
(87) 국제공개번호 WO 2016/167752
국제공개일자 2016년10월20일

(71) 출원인
마이크로 모우션, 인코포레이티드
미국 콜로라도 80301 보울더 원체스터 서클 7070
(72) 발명자
짐머, 패트릭 존
미국 80203 콜로라도 덴버 워싱턴 스트리트 255
아파트먼트 327
리긴스, 크라이그 앤드류
미국 80202 콜로라도 덴버 바세트 스트리트 1850
아파트먼트 114
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

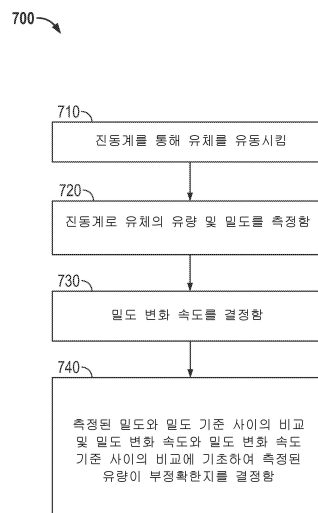
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법

(57) 요약

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법이 제공된다. 본 방법은 진동계를 통해 유체를 유동시키고 그리고 진동계로 유체의 유량 및 밀도를 측정하는 단계, 그리고 유체의 밀도 변화 속도를 계산하는 단계를 포함한다. 본 발명은, 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교, 그리고 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 측정된 유량이 부정확한지를 결정하는 단계를 또한 포함한다.

대표도 - 도7



명세서

청구범위

청구항 1

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법으로서,

상기 방법은:

상기 진동계를 통해 유체를 유동시키고 그리고 상기 진동계로 상기 유체의 유량 및 밀도를 측정하는 단계;

상기 유체의 밀도 변화 속도를 계산하는 단계; 및

상기 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교 및 상기 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 상기 측정된 유량이 부정확한지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 측정된 유량이 부정확하다면, 총 유량 계산로부터 상기 측정된 유량을 제외하는 단계를 더 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 밀도 기준은 상기 진동계에서 유체의 밀도의 측정 전에 측정되는 밀도인,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교는 상기 측정된 밀도가 상기 밀도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교는 상기 밀도 변화 속도가 상기 밀도 변화 속도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정된 유량이 부정확한지에 대한 결정은 상기 진동계의 측정된 구동 이득과 구동 이득 기준의 비교에 추가적으로 기초하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 구동 이득과 구동 이득 기준 사이의 비교는 상기 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 큰지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 8

제1 항 내지 제7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정된 유량이 부정확한지에 대한 결정은 상기 측정된 유량과 유량 기준의 비교에 추가적으로 기초하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 측정된 유량과 유량 기준 사이의 비교는 상기 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 10

제1 항 내지 제9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유체의 밀도 변화 속도는 상기 측정된 밀도로부터 계산되는,

진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법.

청구항 11

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900)로서,

상기 장치(900)는:

상기 진동계(5)로부터 측정된 유량 및 측정된 밀도를 수신하도록 구성되는 인터페이스(interface)(901); 및

상기 인터페이스(901)에 통신 방식으로 커플링되는 프로세싱 시스템(processing system)(910)을 포함하며,

상기 프로세싱 시스템(910)은:

유체의 밀도 변화 속도를 계산하도록; 그리고

상기 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교; 및 상기 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 상기 측정된 유량이 부정확한지를 결정하도록 구성되는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 프로세싱 시스템(910)은, 상기 측정된 유량이 부정확하다면 총 유동 계산으로부터 상기 측정된 유량을 제외하도록 추가적으로 구성되는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 13

제11 항 또는 제12 항에 있어서,

상기 밀도 기준은 상기 진동계(5)에서 유체의 밀도의 측정 전에 측정되는 밀도인,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 14

제11 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교는 상기 측정된 밀도가 상기 밀도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 15

제11 항 내지 제14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교는 상기 밀도 변화 속도가 상기 밀도 변화 속도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 16

제11 항 내지 제15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세싱 시스템(910)은, 상기 측정된 유량이 상기 진동계(5)의 측정된 구동 이득과 구동 이득 기준의 비교에 기초하여 부정확한지를 결정하도록 추가적으로 구성되는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 구동 이득과 구동 이득 기준 사이의 비교는 상기 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 큰지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 18

제11 항 내지 제17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세싱 시스템(910)은, 상기 측정된 유량이 상기 측정된 유량과 유량 기준의 비교에 기초하여 부정확한지를 결정하도록 추가적으로 구성되는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 측정된 유량과 유량 기준 사이의 비교는 상기 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함하는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

청구항 20

제11 항 내지 제19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유체의 밀도 변화 속도는 상기 측정된 밀도로부터 계산되는,

진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900).

발명의 설명

기술분야

[0001] 아래에서 설명되는 실시예들은 진동계들(vibratory meters)에 관한 것이며, 그리고 더 구체적으로, 진동계에 의해 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 예를 들어, 진동 밀도계들 및 코리올리 유량계들(Coriolis flow meters)과 같은 진동계들은 일반적으로 공지되어 있고, 그리고 도관 내에 있는 재료들에 대한 질량 유동 및 다른 정보를 측정하는데 사용된다. 진동계는 센서 조립체 및 전자장치 세그먼트(segment)를 포함한다. 센서 조립체 내의 재료는 유동하고 있거나 정지 상태일 수 있다. 센서의 각각의 유형은 고유한 특성들을 가질 수 있으며, 이는 진동계가 최적 성능을 달성하기 위해 고려되어야 한다.

[0003] 예시적인 코리올리 유량계들은 미국 특허 4,109,524, 미국 특허 4,491,025 및 Re.31,450(모두 J.E.Smith 등에 속함)에서 개시된다. 코리올리 유량계들에서의 센서 조립체들은 직선형 또는 커브형 구성의 하나 또는 그 초과 의 도관들을 가진다. 센서 조립체에서의 각각의 도관 구성은 한 세트의 고유 진동 모드(natural vibration mode)들을 가지며, 이 도관 구성은 단순 굽힘, 비틀림, 또는 커플링된 유형일 수 있다. 각각의 도관은 바람직한 모드에서 발진하도록 구동될 수 있다. 재료는 센서의 유입구 측에서 연결된 파이프라인으로부터 센서 조립체 내로 유동하고, 도관(들)을 통해 지향되고, 그리고 센서의 유출구 측을 통해 센서를 빠져나온다. 진동 재료가 충전된 시스템의 고유 진동 모드들은, 도관들과 도관들 내에서 유동하는 재료의 조합된 질량에 의해 부분적으로 규정된다.

[0004] 센서 조립체를 통한 유동이 존재하지 않을 때, 도관(들)에 적용되는 구동력은 도관(들)을 따른 모든 지점들이 동일한 위상 또는 작은 "제로 오프셋(zero offset)"(이는 제로 유동 시 측정된 시간 지연임)으로 발진하는 것을 유발시킨다. 재료가 센서 조립체를 통해 유동하기 시작할 때, 코리올리 힘들은 도관(들)을 따라 각각의 지점이 상이한 위상을 가지는 것을 유발시킨다. 예를 들어, 센서의 유입구 단부에서의 위상은 중앙집중된(centralized) 드라이버 포지션에서의 위상을 지연시키는(lag) 반면, 유출구에서의 위상은 중앙집중된 드라이버 포지션에서의 위상을 이끈다. 도관(들) 상의 픽오프(pick-off) 센서들은 도관(들)의 모션을 나타내는 사인파형 신호들을 생성한다. 픽오프 센서들로부터 출력되는 신호들은 픽오프 센서들 사이의 위상 차를 결정하도록 프로세싱된다. 2 개 또는 그 초과 픽오프 센서들 사이의 위상 차는 도관(들)을 통해 유동하는 재료의 질량 유량에 비례한다.

[0005] 드라이버에 연결되는 계측 전자장치는 드라이버를 작동시키기 위해 그리고 픽오프 센서들로부터 수신된 신호들로부터 재료의 질량 유량 및 다른 특성들을 결정하기 위해 드라이브 신호를 발생시킨다. 드라이버(driver)는 많은 주지된 배열체들 중 하나의 배열체를 포함할 수 있지만; 자석 및 대향 드라이브 코일이 유량계 산업에서 큰 성공을 거두고 있다. 교류 전류는 원하는 유동 튜브 진폭 및 주파수에서 도관(들)을 진동시키기 위한 드라이브 코일로 지나게 된다. 자석으로서의 픽오프 센서들 및 드라이버 배열체와 매우 유사한 코일 배열체를 제공하는 것은 당 분야에서 또한 공지되어 있다. 그러나, 드라이버는 모션을 유도하는 전류를 수용하는 한편, 픽오프 센서들은 전압을 유도하기 위해 드라이버에 의해 제공되는 모션을 사용할 수 있다.

[0006] 진동계들은 커스터디 트랜스퍼(custody transfer)를 포함하는 많은 적용들에서 사용된다. 커스터디 트랜스퍼는, 예를 들어 탱크에서 판매자로부터 구매자로 일회분(a batch)의 재료를 전달하는 것을 통상적으로 수반한다. 커스터디 트랜스퍼의 예는 연료 병커링(bunkering)이다. 병커링은, 병커 연료들로 공지되게 되는, 해양 연료유들을 저장하고 전달하는 실체를 지칭한다. 병커 연료는 난방 또는 대형 산업형 및/또는 해양 엔진들에서 사용되는 비교적 중질(heavy) 석유 유도체를 포함한다. 병커 연료는 가솔린 또는 디젤보다 일반적으로 더 무겁고 그리고 더 점성이 있다.

[0007] 선박 연료공급(fueling)을 위해, 대량의 연료가 해안으로부터 선박으로 연료를 전달하는 목적을 위해 바지선(barge) 또는 다른 컨테이너에 임시적으로 저장될 수 있다. 병커는 도크 또는 다른 항구 시설 상에 위치될 수 있거나, 바지선 또는 다른 재연료공급 비히클(vehicle)에 의해 운반될 수 있다. 병커링 동안, 연료 측정은 보통 빈 상태-완충-빈 상태 회분식 프로세스(empty-full-empty batching process)를 포함한다. 이러한 빈 상태-완충-빈 상태 회분식 프로세스는 기체가 연료에 비말동반되는 것을 유발시킬 수 있다.

[0008] 진동계들에서의 개선들은, 심지어 연료가 비말동반된 기체를 가질때도, 보다 정확한 연료의 측정들을 획득하는 것을 가능하게 하고 있다. 그러나, 유동이 정지될 때마다, 예를 들어, 진동계의 제로 오프셋에서의 변화로 인

해 벅커링 프로세스의 시작시 또는 종료시에 문제가 존재할 수 있다. 심지어 연료가 진동계를 통해 유동하는 것이 정지된 후에도, 유동 튜브들은 계속 진동한다. 이상적으로, 픽오프 센서들 사이의 시간 지연은, 튜브들을 통한 유동이 제로일 때, 처음의 제로 오프셋 값으로 복귀될 것이다. 시간 지연이 처음의 제로 오프셋으로 복귀 되는 한은, 진동계는 제로 질량 유동을 보고할 것이다. 그러나, 다양한 인자들은 센서 조립체의 제로 오프셋에 기여하며, 그리고 인자들 중 일부는 벅커링 프로세스 동안 또는 마지막 제로잉(zeroing) 프로세스 후에 변할 수 있다.

[0009] 예를 들어, 많은 진동계들이 비말동반된 기체에도 불구하고 정확한 측정들을 유지할 수 있는 반면, 일부 상황들에서 유동 튜브들을 통한 유동이 제로로 떨어질 때, 비말동반된 기체는 진동계의 센서 조립체의 유입구와 유출구 측 사이에 비대칭 댐핑을 생성하는 불균형으로 이어질 수 있다. 비대칭 댐핑은 처음 제로 오프셋과 상이할 수 있고 따라서 실제 유동으로서 해석될 수 있는 픽오프들 사이에 시간 지연을 유발시킬 수 있다. 이러한 문제는, 예를 들어, 센서 조립체가 단지 부분적으로 유체로 충전된다면 또한 경험될 수 있으며, 이는, 예를 들어, 벅커링 동안 발생할 수 있다.

[0010] 이에 따라, 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 필요가 존재한다. 또한 기존의 설치된 유량계들로 그리고 추가로 설치된 하드웨어(hardware) 없이 부정확한 유량 측정들을 검출하기 위한 방법들 및 장치들을 제공할 필요가 있다.

발명의 내용

[0011] 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법이 제공된다. 일 실시예에 따라, 본 방법은 진동계를 통해 유체를 유동시키는 단계, 진동계로 유체의 유량 및 밀도를 측정하는 단계, 그리고 유체의 밀도 변화 속도를 계산하는 단계를 포함한다. 본 방법은, 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교, 그리고 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 측정된 유량이 부정확한지를 결정한다.

[0012] 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 장치가 제공된다. 일 실시예에 따라, 장치는 인터페이스에 통신 방식으로 커플링되는 진동계로부터 측정된 유량 및 측정된 밀도를 수신하도록 구성되는 인터페이스(interface) 및 프로세싱 시스템을 포함한다. 프로세싱 시스템은 유체의 밀도 변화 속도를 계산하도록 그리고 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교, 그리고 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 측정된 유량이 부정확한지를 결정하도록 구성된다.

양태들

[0014] 일 양태에 따라, 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법은 진동계를 통해 유체를 유동시키고 그리고 진동계로 유체의 유량 및 밀도를 측정하는 단계, 유체의 밀도 변화 속도를 계산하는 단계, 및 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교, 그리고 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 측정된 유량이 부정확한지를 결정하는 단계를 포함한다.

[0015] 바람직하게는, 본 방법은, 측정된 유량이 부정확하다면, 총 유량 계산로부터 측정된 유량을 제외하는 단계를 더 포함한다.

[0016] 바람직하게는, 밀도 기준은 진동계에서 유체의 밀도의 측정 전에 측정되는 밀도이다.

[0017] 바람직하게는, 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교는 측정된 밀도가 밀도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함한다.

[0018] 바람직하게는, 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교는 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함한다.

[0019] 바람직하게는, 측정된 유량이 부정확한지에 대한 결정은 진동계의 측정된 구동 이득과 구동 이득 기준의 비교에 추가적으로 기초한다.

[0020] 바람직하게는, 구동 이득과 구동 이득 기준 사이의 비교는 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 큰지를 결정하는 단계를 포함한다.

[0021] 바람직하게는, 측정된 유량이 부정확한지에 대한 결정은 측정된 유량과 유량 기준의 비교에 추가적으로 기초한다.

[0022] 바람직하게는, 측정된 유량과 유량 기준 사이의 비교는 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작은지를 결정하는 단

계를 포함한다.

- [0023] 바람직하게는, 밀도 변화 속도가 측정된 밀도로부터 계산된다.
- [0024] 일 양태에 따라, 진동계(5)에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900)는 진동계(5)로부터 측정된 유량 및 측정된 밀도로 수신하도록 구성되는 인터페이스(interface)(901) 및 인터페이스(901)에 통신 방식으로 커플링되는 프로세싱 시스템(910)을 포함하며, 프로세싱 시스템(910)은 유체의 밀도 변화 속도를 계산하도록 그리고 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교, 그리고 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교에 기초하여 측정된 유량이 부정확한지를 결정하도록 구성된다.
- [0025] 바람직하게는, 프로세싱 시스템(910)은, 측정된 유량이 부정확하다면 총 유동 계산으로부터 측정된 유량을 제외하도록 추가적으로 구성된다.
- [0026] 바람직하게는, 밀도 기준은 진동계(5)에서 유체의 밀도의 측정 전에 측정되는 밀도이다.
- [0027] 바람직하게는, 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교는 측정된 밀도가 밀도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0028] 바람직하게는, 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교는 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0029] 바람직하게는, 프로세싱 시스템(910)은, 측정된 유량이 진동계(5)의 측정된 구동 이득과 구동 이득 기준의 비교에 기초하여 부정확한지를 결정하도록 추가적으로 구성된다.
- [0030] 바람직하게는, 구동 이득과 구동 이득 기준 사이의 비교는 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 큰지를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0031] 바람직하게는, 프로세싱 시스템(910)은, 측정된 유량이 측정된 유량과 유량 기준의 비교에 기초하여 부정확한지를 결정하도록 추가적으로 구성된다.
- [0032] 바람직하게는, 측정된 유량과 유량 기준 사이의 비교는 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작은지를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0033] 바람직하게는, 유체의 밀도 변화 속도가 측정된 밀도로부터 계산된다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 동일한 참조 번호는 모든 도면들에서 동일한 엘리먼트를 나타낸다. 도면들이 반드시 축적으로 도시될 필요가 없다 것이 이해되어야 한다.
- 도 1은 계측 조립체(10) 및 계측 전자장치(20)를 포함하는 진동계(5)를 도시한다.
- 도 2는 진동계에 의한 측정들을 예시하는 로딩 프로파일 그래프(loading profile graph)(200)를 도시한다.
- 도 3은 도 2에서 도시되는 측정들뿐만 아니라 구동 이득 측정을 예시하는 다른 로딩 프로파일 그래프(300)를 도시한다.
- 도 4는 진동계에 의한 측정들을 예시하는 언로딩 프로파일 그래프(unloading profile graph)(400)를 도시한다.
- 도 5는 언로딩 프로파일 그래프(400)에서 도시되는 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)를 예시하는 확대된 언로딩 그래프(500)를 도시한다.
- 도 6은 완전 정지 세그먼트 동안에 밀도의 변화들 및 유량 측정들을 예시하는 언로딩 정지 그래프(600)를 도시한다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(700)을 도시한다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(800)을 도시한다.
- 도 9는 진동계에 의해 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900)를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 도 1 내지 도 9 및 하기 설명은, 진동계에 의해 부정확한 유량 측정을 검출하는 실시예들의 최적 양태를 만들고

사용하는 방법을 당업자에게 교시하기 위해서 특정 예시들을 나타낸다. 본 발명의 원리들을 교시하는 목적을 위하여, 일부 통상적인 양태들은 단순화되었거나 생략되었다. 당업자는, 본 명세서의 범주 내에 있는 이러한 예시들로부터의 변형예들을 이해할 것이다. 당업자는, 진동계에 의해 부정확한 유량 측정을 검출하는 다수의 변형예들을 형성하기 위해서 다양한 방식으로 하기 설명된 특징들이 조합될 수 있음을 이해할 것이다. 그 결과, 하기 설명된 실시예들은, 하기 설명된 특정 예시들로 제한되는 것이 아니라 청구항들 및 이들의 등가물들에 의해서만 제한된다.

[0036] 도 1은 계측 조립체(10) 및 계측 전자장치(20)를 포함하는 진동계(5)를 도시한다. 계측 조립체(10)는 프로세스 재료의 질량 유량 및 밀도에 대응한다. 계측 전자장치(20)는 다른 정보뿐만 아니라 경로(26)에 걸친 밀도, 질량 유량, 및 온도 정보를 제공하기 위해 리드들(100)을 통해 계측 조립체(10)에 연결된다. 코리올리 유량계 구조가 설명되었지만, 본 발명이 진동 튜브 밀도계, 튜닝 포크(tuning fork) 밀도계 등으로서 실시될 수 있는 것이 당업자에게 명백하다.

[0037] 계측 조립체(10)는 한 쌍의 매니폴드들(150 및 150'), 플랜지 넥들(110 및 110')을 가지는 플랜지들(103 및 103'), 한 쌍의 평행 유동 튜브들(130 및 130'), 구동 기구(180), RTD(resistive temperature detector)(190), 및 한 쌍의 픽-오프 센서들(170l 및 170r)을 포함한다. 유동 튜브들(130 및 130')은 본질적으로 직선형인 2 개의 유입구 레그들(131, 131') 및 유출구 레그들(134, 134')을 가지며, 이들은 유동 튜브 장착 블록들(120 및 120')에서 서로를 향하여 모인다(converge). 유동 튜브들(130, 130')은 이들의 길이를 따라 2 개의 대칭 위치들에서 굽힘되고, 그리고 이들의 길이 전체에 걸쳐 본질적으로 평행하다. 브레이스 바들(140 및 140')은, 각각의 유동 튜브(130, 130')가 발진하는 축선(W 및 W')을 규정하는 역할을 한다. 유동 튜브들(130, 130')의 레그들(131, 131' 및 134, 134')은 유동 튜브 장착 블록들(120 및 120')에 고정 부착되며, 그리고 이들 블록들은, 결국, 매니폴드들(150 및 150')에 고정 부착된다. 이는 계측 조립체(10)를 통한 연속적인 폐쇄 재료 경로를 제공한다.

[0038] 홀들(102 및 102')을 가지는 플랜지들(103 및 103')이 유입구 단부(104) 및 유출구 단부(104')를 통해 측정되고 있는 프로세스 재료를 운반하는 프로세스 라인(process line)(미도시) 내로 연결될 때, 재료는 플랜지(103)에서 오리피스(101)를 통해 계측기의 유입구 단부(104)에 진입하고, 그리고 매니폴드(150)를 통해 표면(121)을 가지는 유동 튜브 장착 블록(120)으로 유도된다(conducted). 매니폴드(150) 내에서, 재료가 분할되고 그리고 유동 튜브들(130, 130')을 통해 루팅된다(routed). 유동 튜브들(130, 130')에서 나올 때, 프로세스 재료는 표면(121') 및 매니폴드(150')를 가지는 장착 블록(120')에서 단일 스트림으로 재조합되고, 그리고 이후, 홀들(102')을 가지는 플랜지(103')에 의해 프로세스 라인(미도시)에 연결되는 유출구 단부(104')로 루팅된다.

[0039] 유동 튜브들(130, 130')은 굽힘 축선들(W--W 및 W'--W') 각각에 대한 실질적으로 동일한 질량 분포, 관성 모멘트 및 영률(Young's modulus)을 갖도록 선택되고 그리고 유동 튜브 장착 블록들(120, 120')에 적합하게 장착된다. 이러한 굽힘 축선들은 브레이스 바들(140, 140')를 통해 이어진다. 유동 튜브들의 영률이 온도와 함께 변화되며, 그리고 이러한 변화가 유동 및 밀도의 계산에 영향을 주는 점을 고려하여, RTD(190)는 유동 튜브(130')의 온도를 연속적으로 측정하기 위해 유동 튜브(130')에 장착된다. 유동 튜브(130')의 온도 및 이에 따라 RTD를 통해 통과하는 주어진 전류에 대한 RTD(190)에 걸쳐 나타나는 전압은 유동 튜브(130')를 통과하는 재료의 온도에 의해 관리된다. RTD(190)에 걸쳐 나타나는 전압에 의존하는 온도는, 유동 튜브 온도에서의 임의의 변화들로 인한 유동 튜브들(130, 130')의 탄성 계수에서의 변화를 보상하기 위해 계측 전자장치(20)에 의해 유지된 방법에서 사용된다. RTD(190)는 리드(195)에 의해 계측 전자장치(20)에 연결된다.

[0040] 유동 튜브들(130, 130') 양자 모두는 구동 기구(180)에 의해 반대 반향들로 이들의 각각의 굽힘 축선들(W 및 W')을 중심으로 그리고 소위 유량계의 제1 역위상 굽힘 모드(out-of-phase bending mode)에서 구동된다. 이러한 구동 기구(180)는 많은 유지된 배열체들 중 어떠한 하나의 배열체, 예컨대 유동 튜브(130')에 장착되는 자석 및 유동 튜브(130)에 장착되는 대향 코일을 포함할 수 있으며, 그리고 이 대향 코일을 통해 교류가 유동 튜브들(130, 130') 양자 모두를 진동시키기 위해 통과된다. 적합한 구동 신호가 리드(185)를 통해서 구동 기구(180)로 계측 전자장치(20)에 의해 적용된다.

[0041] 계측 전자장치(20)는 리드(195) 상에서 RTD 온도 신호, 및 리드들(165l, 165r) 상에서 나타나는 좌측 및 우측 센서 신호들을 각각 수신한다. 계측 전자장치(20)는 기구(180)를 구동시키고 튜브들(130, 130')을 진동시키기 위해 리드(185) 상에 나타나는 구동 신호를 발생시킨다. 계측 전자장치(20)는 계측 조립체(10)를 통과하는 재료의 재료 유량 및 밀도를 컴퓨팅하기 위해 좌측 및 우측 센서 신호들 및 RTD 신호를 프로세싱한다. 다른 정보와 함께 이러한 정보가 계측 전자장치(20)에 의해 경로(26)에 걸쳐 적용된다.

- [0042] 경로(26)에 걸쳐 송신되는 정보는 유량, 밀도 및 온도와 같은 재료 특성들을 측정하는데 사용될 수 있다. 다른 측정들이 또한 이루어질 수 있다. 이러한 그리고 다른 측정들은, 측정이 부정확한지를 결정하는데 활용될 수 있다. 예를 들어, 예시적 로딩 및 언로딩 프로세스들의 다음의 논의에서 더 자세하게 설명되는 바와 같이, 측정된 밀도와 밀도 기준 사이의 비교 및 밀도 변화 속도와 밀도 변화 속도 기준 사이의 비교는 측정이 부정확한지를 결정할 수 있다.
- [0043] **로딩 프로세스**
- [0044] 이전에 설명된 바와 같이, 회분식 적용들(batch applications)은 통상적으로 로딩 및 언로딩 프로세스로 분할된다. 일부 실시예들에서, 병커 연료와 같은 재료의 로딩 및 언로딩이 동일한 진동계에 의해 측정된다. 예를 들어, 도크 상의 병커에 연결되는 펌프는 선박 상의 연료 포트에 커플링될 수 있다. 진동계, 예컨대 코리올리 유량계는 탱크 상의 하나 또는 그 초과 탱크들과 연료 포트 사이에 있을 수 있다. 로딩 프로세스 동안에, 펌프는 병커로부터 진동계를 통해 탱크 내로 연료를 펌핑할 수 있다. 언로딩 동안에, 상이한 도크의 상이한 펌프는 진동계를 통해 하나 또는 그 초과 탱크들 밖으로 재료를 펌핑할 수 있다. 이에 따라, 진동계는, 다음에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 로딩 및 언로딩 프로세스들 각각 동안에 전달되는 연료의 총 질량을 계산할 수 있다.
- [0045] 도 2는 진동계에 의한 측정들을 예시하는 로딩 프로파일 그래프(loading profile graph)(200)를 도시한다. 진동계는 도 1을 참조하여 이전에 설명된 진동계(5)일 수 있다. 로딩 프로파일 그래프(200)는, 병커 연료가 탱크 상으로 로딩되는 동안 진동계로부터 획득된 예시적 측정들을 예시한다. 그러나, 대안적인 실시예들에서, 다른 프로파일들이 존재할 수 있다. 로딩 프로파일 그래프(200)는 시간 축(210), 밀도/질량 유량 축(220), 및 온도 축(230)을 포함한다. 로딩 프로파일 그래프(200)는 또한 측정 플롯들(240)을 포함한다. 도 2에서 도시되는 바와 같이, 측정 플롯들(240)은 질량 유량 플롯(242), 밀도 플롯(244), 및 온도 플롯(246)을 포함한다.
- [0046] 측정 플롯들(240)은, 예를 들어 유동 조건 또는 유동 없는 조건을 포함하는 다양한 유동 조건들에서 획득될 수 있다. 예를 들어, 병커링(bunkering) 동안에, 진동계는 유동 없는 조건들 하에서 유체 유동을 측정하는 것일 수 있는데, 왜냐하면 도크 상의 밸브가 꺼지기(turned off) 때문이다. 또한 병커링 동안에, 진동계는, 탱크들이 배수되는 것 등으로 인해, 기체들을 포함하는 재료 유동을 측정하고 있을 수 있다. 재료 유동은 상이한 컴포넌트들, 예컨대 비발동반된 공기, 미립자들 등을 또한 포함할 수 있다.
- [0047] 상이한 유동 조건들은 이에 따라 상이한 유량, 밀도, 구동 이득, 및 다른 측정들을 유발시킬 수 있다. 이에 따라, 측정 플롯들(240)은 각각의 세그먼트 동안에 상이한 유동 조건들로 인해 상이한 특성들을 갖는 상이한 세그먼트들로 분할될 수 있다. 도 2에서 도시된 실시예에서, 측정 플롯들(240)은 진동계에서의 도관들을 충전하고 배출하는 것에 대응하는 여러 개의 상이한 세그먼트들 내로 분할될 수 있다. 이러한 상이한 세그먼트들은 측정 플롯들(240)에서 충전 세그먼트(240a), 부분 충전 세그먼트(240b), 재료 유동 세그먼트(240c), 배출 세그먼트(240d), 및 빈 상태(empty) 세그먼트(240e)로 예시된다.
- [0048] 충전 세그먼트(240a) 동안에, 재료가 진동계를 채우기 시작한다. 볼 수 있는 바와 같이, 충전 세그먼트(240a)에서의 밀도 플롯(244)은 약 800 kg/m^3 에 있다. 질량 유량 플롯(242)은 진동계를 통한 재료 유동의 부족으로 인해 약 제로(zero)에 있다. 또한, 제로로 측정된 유동(zero measured flow)이 존재하기 때문에, 위상차가 제로 오프셋(zero offset)에 있다. 따라서, 이전에 설명된 불균형 조건이 존재하지 않는 것이 이해될 수 있다. 충전 세그먼트(240a) 우측으로 이어진다면, 사용자는 또한, 진동계에서의 도관들이 재료로 충전됨에 따라, 밀도 플롯(244)이 발진하기 시작하는 것을 관찰할 수 있다.
- [0049] 충전 세그먼트(240a)로부터 부분 충전된 세그먼트(240b)까지, 도관들에서의 기체들 또는 다른 유체들이 재료로 교체되는 결과로, 밀도 눈금은 약 820 kg/m^3 로부터 약 995 kg/m^3 로 증가한다. 그러나, 진동계를 통한 유동이 존재하지 않는데, 왜냐하면 도관들이 여전히 충전되어 있기 때문이다. 진동계를 통한 유동이 존재하지 않기 때문에, 질량 유량 플롯(242)은 제로 상태로 유지된다. 이는 2 개의 센서들 사이의 위상 차이를 유도하는 코리올리 힘들의 부족으로 인한 것이다. 따라서, 충전 세그먼트(240a) 및 부분 충전 세그먼트(240b)에 의해 예시된 충전 프로세스는 진동계를 통해 계산된 총 유동에 기여하지 않는다. 진동계가 충전된 후, 연료는 진동계를 통해 유동하기 시작할 수 있으며, 이는 재료 유동 세그먼트(240c)에 의해 예시된다.
- [0050] 재료 유동 세그먼트(240c)의 시작시에, 밀도 플롯(244)은 발진하고 그리고 그 후 약 995 kg/m^3 에서 정착한다. 밀도 플롯(244)에서의 발진은 슬러그 유동으로 인할 수 있다. 슬러그들은 도관들에서 트래핑된(trapped) 기체

들로 인해 존재할 수 있는 반면, 진동계는 충전되어 있었다. 재료가 유동하기 시작할 때, 트래핑된 기체들은 진동계를 통해 이동하며, 밀도 눈금에서의 섭동을 유발시킨다. 또한 진동계를 통한 재료 유동으로 인해, 유량은 0으로부터 약 -800 시간당 미터 톤(metric tons per hour)까지 감소한다. 유량은 음의 값인데, 왜냐하면 재료가 진동계를 통해 반대로 유동하고 있기 때문이다. 이에 따라, 측정된 역류의 규모는 재료의 유량이다. 도 2에서 또한 볼 수 있는 바와 같이, 온도 플롯(246)은 재료 유동 세그먼트(240c)의 시작시에 증가한다. 재료 유동 세그먼트(240c) 동안에, 질량 유량 플롯(242), 밀도 플롯(244), 및 온도 플롯(246)은 약 5000 초에서 약 1000 kg/m^3 , 800 시간당 미터톤, 및 50°C 로 각각 안정화된다.

[0051] 재료 유동 세그먼트(240c)의 우측으로 추가적으로 이동하면, 밀도 플롯(244)은 안정된 상태를 유지하는 반면, 질량 유량 플롯(242)의 규모는 강해지기 시작한다. 질량 유량 플롯(242)에서의 강하는 유량을 감소시키도록 폐쇄 중인 밸브로 인한 것일 수 있다. 더 구체적으로는, 약 13000초에서 시작하면, 질량 유량 플롯(242)에서 일련의 단차들(steps)이 존재한다. 그러나, 밀도 플롯(244)은, 질량 유량 플롯(242)의 규모가 강해짐에 따라 일정한 상태로 유지된다. 이에 따라, 사용자는, 밀도 플롯(244)이 안정적이기 때문에, 질량 유량 플롯(242)의 대응하는 부분들이 정확한 유량 측정들일 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 약 13500초에서 그리고 재료 유동 세그먼트(240c)의 종료 가까이에서, 질량 유량 플롯(242)은 약 800 시간당 미터톤으로부터 약 550 시간당 미터톤으로 감소한다.

[0052] 연료 유동이 예를 들어 폐쇄 중인 도크 상의 밸브로 인해 차단된 후, 진동계는 배출하기 시작한다. 도 2에서 도시되는 실시예에서, 배출 세그먼트(240d)는 약 16000초에서 시작하며, 그리고 질량 유량 플롯(242)의 규모는 약 550 시간당 미터톤으로부터 제로(0) 시간당 미터톤으로 감소한다. 질량 유량 플롯(242)의 규모가 제로로 강하하는 동안, 밀도 플롯(244)은 발진하지만, 제로보다 더 크게 유지된다. 밀도 플롯(244)은, 예를 들어 슬러그 유동 및 진동계에서 재료의 특성들로 인해 발진할 수 있다. 온도 플롯(246)은 또한 강해지고 그리고 약 38 도를 향하기(trending) 시작한다.

[0053] 약 16500초에 시작하는 빈 상태 세그먼트(240e)는 진동계가 빈 상태일 때, 밀도 플롯(244)이 약 820 kg/m^3 를 향하며, 이는 로딩 프로세스의 시작시의 측정과 대략적으로 동일한 것을 나타낸다. 비록 약 16500 초에서 배출 세그먼트(240d)와 빈 상태 세그먼트(240e) 사이에 섭동이 존재하지만, 질량 유량 플롯(242)의 규모는 제로인 상태로 유지된다. 이에 따라, 빈 상태 세그먼트(240e) 동안 질량 유량 플롯(242)은 진동계를 통해 계산된 총 질량 유동에 기여하지 않는다. 또한, 부정확한 측정들로 이어지는 불균형 조건이 빈 상태 세그먼트(240e) 동안에 존재하지 않는 것이 이해될 수 있다.

[0054] 비록 질량 유량 플롯(242), 밀도 플롯(244), 및 온도 플롯(246)이 진동계에서 재료의 유동 조건들에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있지만, 유동 조건들에 대한 추가의 정보는 예를 들어 구동 이득을 측정함으로써 획득될 수 있다. 비록 예를 들어 픽-오프 전압과 같은 임의의 다른 적합한 측정들이 대안적인 실시예들에서 활용될 수 있지만, 예시적 구동 이득 측정들은, 따라서, 이후 더 상세히 논의된다.

[0055] 도 3은 도 2에서 도시되는 측정들뿐만 아니라 구동 이득 측정을 예시하는 다른 로딩 프로파일 그래프(300)를 도시한다. 로딩 프로파일 그래프(300)는 시간 축(310), 밀도/질량 유량 축(320), 및 온도/구동 이득 축(330)을 포함한다. 로딩 프로파일 그래프(300)는 또한 측정 플롯들(340)을 포함한다. 도 3에서 도시되는 바와 같이, 측정 플롯들(340)은 질량 유량 플롯(342), 밀도 플롯(344), 및 온도 플롯(346)을 포함하며, 이는 도 2에서 도시되는 질량 유량 플롯(242), 밀도 플롯(244), 및 온도 플롯(246)에 각각 대응한다. 도 2를 참조하여 설명된 세그먼트들(240a 내지 240e)은 충전 세그먼트(340a), 부분 충전 세그먼트(340b), 재료 유동 세그먼트(340c), 배출 세그먼트(340d), 및 빈 상태 세그먼트(340e)로서 도 3에서 또한 도시된다. 로딩 프로세스 동안 구동 이득의 변화들을 예시하는 구동 이득 플롯(348)이 도 3에서 또한 도시된다.

[0056] 도 2 및 도 3으로부터 볼 수 있는 바와 같이, 밀도 플롯(244, 344)은 로딩 프로세스의 상당한 부분 동안에 거의 일정하다. 진동계를 통한 슬러그 유동 또는 비말동반된 기체 유동이 존재할 때, 밀도 플롯(244, 344)은 변한다. 질량 유량 플롯(242, 342)은 유사하게 일정하다. 이에 따라, 진동계를 통한 총 유동은 질량 유량 플롯(242, 342)에 의해 도시되는 유량으로부터 계산될 수 있다. 계산은, 예를 들어, 도 2 및 도 3에서 도시되는 질량 유량 플롯(242, 342)을 통합하는 것이 포함될 수 있다. 그러나, 대안적인 계산 방법들이 다른 실시예들에서 활용될 수 있다.

[0057] 구동 이득 플롯(348)은 대략 100%의 이득으로 시작한다. 재료가 진동계를 통해 유동하는 것을 질량 유량 플롯(242, 342)이 나타낼 때까지, 구동 이득 플롯(348)은 대략 100%로 유지하고 있다. 재료 유동 세그먼트(340c)

동안, 구동 이득 플롯(348)은 일반적으로 60%보다 더 적다. 구동 이득 플롯(348)은 공진 주파수에서 진동하는 도관들로 인해 60% 미만일 수 있다. 진동계가 배출하거나 빈 상태일 때, 구동 이득은 60%보다 더 작게 강하하는 일부 섭동들과 함께 대략 100%로 증가한다.

[0058] 구동 이득 플롯(348)이 도관들에서 빈 상태 또는 부분 충전 조건을 표시할 수 있는 것이 이해될 수 있다. 이에 따라, 구동 이득 플롯(348)이 예를 들어 85%보다 더 클 때, 유량계에서의 불균형 조건이 표시될 수 있다. 그러나, 심지어 재료 유동 세그먼트(340c) 동안, 구동 이득 플롯(348)은 85%보다 더 큰 섭동들을 포함한다. 이에 따라, 구동 이득 플롯(348)에서의 섭동들은 또한 예를 들어 슬러그 유동 등과 연관된 조건들을 표시할 수 있지만, 이전에 설명된 불균형 조건일 수 없는데, 왜냐하면 섭동들이 유동 조건 동안 발생하기 때문이다.

[0059] 전술한 것은 로딩 프로세스 및 대응하는 유동 조건들을 논의한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 언로딩 프로세스는 로딩 프로세스 동안 존재하는 유동 조건들과 상이한 유동 조건들을 초래할 수 있다. 예를 들어, 언로딩 프로세스는 로딩 프로세스보다 더 많은 슬러그 또는 비말등반된 기체 유동들을 경험할 수 있다. 또한, 언로딩 프로세스는 제로 정지 세그먼트를 포함할 수 있으며, 이는 탱크로부터 연료를 펌핑하면서 펌프가 꺼지는 경우이다. 이러한 2 개의 조건들은 부정확한 질량 유량 측정들로 이어지는 불균형 유동 조건을 생성할 수 있다. 예시적 언로딩 프로세스는 다음에 논의된다.

[0060] 언로딩 프로세스

[0061] 도 4는 진동계에 의한 측정들을 예시하는 언로딩 프로파일 그래프(unloading profile graph)(400)를 도시한다. 전술한 것에서 설명되는 로딩 프로파일 그래프들(200, 300)을 생성하는데 사용되는 진동계는 도 4에서 도시되는 언로딩 프로파일 그래프(400)를 생성하는데 사용되었다. 그러나, 대안적인 실시예들에서, 제1 진동계는 연료를 탱크 내로 로딩하는데 활용될 수 있으며, 그리고 제2 진동계는 탱크로부터 연료를 언로딩하는데 사용될 수 있다. 다른 배열들은 또한 활용될 수 있다.

[0062] 언로딩 프로파일 그래프(400)는 시간 축(410), 밀도/질량 유량(420), 및 온도/구동 이득 축(430)을 포함한다. 언로딩 프로파일 그래프(400)는 또한 측정 플롯들(440)을 포함한다. 도 4에서 도시되는 바와 같이, 측정 플롯들(440)은 질량 유량 플롯(442), 밀도 플롯(444), 온도 플롯(446), 및 구동 이득 플롯(448)을 포함한다. 전술한 것에서 설명된 로딩 프로세스와 유사한 방식에서, 언로딩 프로세스는 수 개의 세그먼트들로 분할될 수 있다.

[0063] 도 4에서 도시된 실시예에서, 언로딩 프로세스는 빈 상태 세그먼트(440a), 부분 충전 세그먼트(440b), 정지 세그먼트(440d)에 의해 분할되는 재료 유동 세그먼트(440c), 및 도 5를 참조하여 설명되는 탱크-스트립/라인-클리어링 세그먼트(440e)로 분할될 수 있다. 이러한 세그먼트들은, 탱크로부터 처음에 빈 상태인 진동계로 병커 연료와 같은 재료를 유동하는 것, 진동계를 충전하는 것, 그리고 진동계를 통해 탱크를 배출하는 것에 대응한다. 이에 따라, 언로딩 프로세스는 빈 상태 세그먼트(440a)로 시작한다.

[0064] 빈 상태 세그먼트(440a)는, 진동계가 재료로 충전되지 않은 경우의 유동 조건이다. 빈 상태 세그먼트(440a) 동안, 재료는 탱크 밖으로 그리고 진동계에 커플링되는 라인 내로 유동된다. 밀도 플롯(444)은 약 800 kg/m^3 으로 일정하게 유지된다. 질량 유량 플롯(442)은 제로이고 그리고 어떠한 섭동들도 가지지 않는다. 온도 플롯(446)은 약 32°C 이며, 그리고 구동 이득 플롯(448)은 대략 100%이다.

[0065] 약 6000 초인 부분 충전 세그먼트(440b)의 시작시, 밀도 플롯(444)은 발진하기 시작하지만, 질량 유량 플롯(442)은 제로로 유지된다. 진동계가 충전되고 그리고 재료가 유동하기 시작한 후, 밀도 플롯(444)은 발진하고 그리고 그 후 약 6800 초에서 약 800 kg/m^3 로부터 약 995 kg/m^3 으로 증가한다. 그러나, 진동계를 통한 유동이 존재하지 않기 때문에, 질량 유량 플롯(442)은 제로 상태로 유지된다. 이는 2 개의 센서들 사이의 위상 차이를 유도하는 코리올리 힘들의 부족으로 인한 것이다. 따라서, 부분 충전 세그먼트(440b) 동안 이루어지는 유량 측정들은 진동계를 통해 계산된 총 유동에 기여할 수 없다. 진동계가 충전된 후에, 재료는 진동계를 통해 유동하기 시작할 수 있다.

[0066] 재료 유동 세그먼트(440c) 동안, 밀도 플롯(444)은 약 995 kg/m^3 에 있다. 이해될 수 있는 바와 같이, 밀도 플롯(444)은 또한 재료 유동 세그먼트(440c) 동안 비교적 안정된다. 질량 유량 플롯(442)은 약 0으로부터 약 650 시간당 미터톤으로 증가한다. 온도 플롯(446)은 약 32°C 로부터 약 48°C 로 증가한다. 구동 이득 플롯(448)은 섭동과 함께 약 50%로 감소하며, 이는 약 10500 초에서 약 80%이다.

[0067] 약 12500초에, 재료 유동 세그먼트(440c)는 정지 세그먼트(440d)에 의해 중단된다. 정지 세그먼트(440d)는, 밀도 플롯(444)이 일정하게 유지되고 그리고 제로 시간당 미터톤으로 하강함으로써 질량 유량 플롯(442)의 규모가

특정된다. 온도 플롯(446)은 약 32 °C를 향하며, 그리고 구동 이득 플롯(448)은 실질적으로 일정한 경사로 약 55%로 증가한다. 약 16500 초에서, 정지 세그먼트(440d)가 종료되며, 그리고 재료 유동 세그먼트(440c)는 다시 시작한다.

[0068] 약 16500 초로부터 약 27000 초의 재료 유동 세그먼트(440c) 동안에, 질량 유량 플롯(442) 및 밀도 플롯(444)은 실질적으로 일정하다. 질량 유량 플롯(442) 및 밀도 플롯(444)의 값들은 또한 정지 세그먼트(440d) 전의 재료 유동 세그먼트(440c) 동안과 실질적으로 동일하다. 또한, 구동 이득 플롯(448)에서 여러 개의 섭동들이 존재한다. 이러한 섭동들 동안, 질량 유량 플롯(442)은 일정하거나 하강하는 상태로 유지된다. 재료 유동 세그먼트(440c)는 거의, 탱크가 실질적으로 배출될 때 종료된다.

[0069] 이에 따라, 언로딩 프로파일 그래프(400)는 또한 도 5를 참조하여 더 상세히 설명되는 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)를 포함한다. 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)는, 탱크 상의 라인들 및 하나 또는 그 초과 탱크들에서 잔류 연료가 배출될 때 발생한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)는, 예를 들어, 공기의 매개 갭들(intervening gaps)을 갖는 연료 유동의 비교적 급속 순서와 같은 간헐적인 재료 유동을 통상적으로 수반한다. 그 결과, 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)는 재료의 밀도 및 유량에서 급속 발진들을 나타낸다.

[0070] 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 밀도 플롯(444)은 언로딩 프로세스의 상당한 부분 동안에 거의 일정하다. 도 2 및 도 3과 도 4를 비교함으로써 또한 이해될 수 있는 바와 같이, 밀도 측정들은 유사한 유동 조건들 하에서 대략적으로 동일하다. 그러나, 도 2 및 도 3을 참조하여 전술한 것에 설명된 예시적 로딩 프로세스와는 대조적으로, 도 4에서 예시된 언로딩 프로세스는 질량 유량 플롯(442)에서 발진들을 유도한다. 이러한 발진들은 제로가 아닌 유량들을 포함할 수 있고 그리고 따라서 진동계를 통해 총 재료 유동의 계산에 기여할 수 있다.

[0071] 예시적 회분식(batch) 프로세스들 동안의 다양한 유동 조건들의 전술한 것의 설명을 참조하여, 다음은 부정확한 유량 측정들을 검출하는 실시예들을 설명할 것이다. 예를 들어, 다음은, 대응하는 유량 측정이 부정확한 측정 인지를 결정하는데 밀도 측정들이 어떻게 사용될 수 있는지를 설명할 것이다. 부정확한 유량 측정을 검출하는 방법은 진동계에 의해 다른 측정들에 또한 의존할 수 있다. 다음의 설명은, 도 5를 참조하여 예시적 정확한 유량 측정들을 논의하고 그리고 그 다음에 도 6에서 도시되는 부정확한 유량 측정들로 돌아감으로써 시작한다.

[0072] 예시적 정확한 유량 측정들

[0073] 도 5는 언로딩 프로파일 그래프(400)에서 도시되는 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e)를 예시하는 확대된 언로딩 그래프(500)를 도시한다. 확대된 언로딩 그래프(500)는 시간 축(510), 밀도/질량 유량 축(520), 및 구동 이득 축(530)을 포함한다. 확대된 언로딩 그래프는 또한 측정 플롯들(540)을 포함한다. 측정 플롯들(540)은 질량 유량 플롯(542), 밀도 플롯(544), 및 구동 이득 플롯(548)을 포함한다.

[0074] 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 밀도 플롯(544)은 질량 유량 플롯(542)과 대응한다. 예를 들어, 밀도 플롯(544)이 강하할 때, 통상적으로 진동계를 통한 슬러그 유동이 존재한다. 질량 유량 플롯(542)이 또한 강하하며, 그리고 특히 약 제로로 강하한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 대략 진동계를 통한 슬러그 유동이 존재할 때 제로로 하강하는 질량 유량 플롯(542)은, 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e) 동안의 질량 유량 측정들이 정확하고 그리고 진동계를 통한 총 재료 유동의 계산에 포함되어야 하는 것을 나타낸다.

[0075] 또한, 구동 이득 플롯(548)은 짧은 지속시간을 가지는 일시적인 강하를 제외하고 실질적으로 일정한 상태로 유지된다. 비록 질량 유량 플롯(542) 및 밀도 플롯(544)에서 발진들이 존재할지라도 일정한 상태로 유지되는 구동 이득 플롯(548)은 또한, 도 5에서 도시된 질량 유량 측정들이 정확한 것을 나타낸다.

[0076] 이에 따라, 유량계가 탱크-스트리핑/라인-클리어링 세그먼트(440e) 동안에 진동계를 통해 재료의 유량을 정확하게 측정할 수 있는 것이 이해될 수 있다. 그러나, 도 6에서 도시되는 실시예를 참조하여 다음에 설명될 바와 같이, 다른 언로딩 세그먼트들은 검출될 수 있는 부정확한 유량 측정들을 유도할 수 있다.

[0077] 예시적 부정확한 유량 측정들

[0078] 도 6은 완전 정지(full stop) 세그먼트 동안에 밀도의 변화들 및 유량 측정들을 예시하는 언로딩 정지 그래프(600)를 도시한다. 언로딩 정지 그래프(600)는 시간 축(610), 밀도/질량 유량 축(620), 및 구동 이득 축(630)을 가진다. 언로딩 정지 그래프(600)는 또한 측정 플롯들(640)을 포함한다. 측정 플롯들(640)은 질량 유량 플롯(642), 밀도 플롯(644), 및 구동 이득 플롯(648)을 포함한다.

[0079] 언로딩 정지 그래프(600)는 제1 정지 세그먼트(650) 및 제2 정지 세그먼트(660)를 포함한다. 경사형 밀도 측정

(644a) 및 부정확한 유량 측정(642a)은 제1 및 제2 정지 세그먼트(650, 660) 각각 내에 있다. 제로 유동 밀도 측정(644b) 및 제로 유량 측정(642b)은 제1 및 제2 정지 세그먼트(650, 660) 각각에서 또한 도시된다.

[0080] 제로 유량 측정(642b)은 약 제로 시간당 미터톤인 질량 유량 플롯(642)의 세그먼트이다. 이에 반해, 부정확한 유량 측정(642a)은 제로보다 더 많다. 부정확한 유량 측정(642a)은 또한, 진동계가 정지 유동 조건에 있을 때 발생한다. 이에 따라, 진동계가 유량을 측정하지만, 진동계를 통한 실제 재료 유동은 제로이다. 부정확한 유량 측정(642a)은 진동계를 통한 실제 재료 유동에 대응하지 않는 불균형 유동 튜브들 또는 다른 조건들로 인한 것일 수 있다.

[0081] 이해될 수 있는 바와 같이, 경사형 밀도 측정(644a)은 부정확한 유량 측정(642a)에 대응하고 그리고 제로가 아닌 경사를 가진다. 또한, 경사형 밀도 측정(644a)에서의 밀도 변화 속도는 제로 유동 밀도 측정(644b)의 밀도 변화 속도보다 더 작다. 따라서, 밀도 변화 속도 기준과 밀도 플롯(644)의 밀도 변화 속도를 비교하는 것은 진동계에 의해 부정확한 측정을 식별할 수 있다. 예를 들어, 경사형 밀도 측정(644a)의 밀도 변화 속도가 제로 유량 측정(642b)에 대응하는 밀도 변화 속도보다 더 작다는 것을 비교가 나타낸다면, 부정확한 유량 측정(642a)이 유량계를 통한 총 유동으로부터 제외될 수 있다. 다른 밀도 변화 속도 기준들은 다른 실시예들에서 활용될 수 있다.

[0082] 전술한 것에 예시하는 바와 같이, 부정확한 유량 측정(642a)은 밀도 변화 속도 기준과 밀도 플롯(644)의 밀도 변화 속도를 비교함으로써 검출될 수 있다. 예시적 실시예에서, 밀도 플롯(644)의 밀도 변화 속도는 사용자에게 의해 설정된 스칼라(scalar) 값과 비교될 수 있다. 스칼라 값은 최대 값일 수 있다. 이러한 실시예에서, 밀도 플롯(644)의 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작다면, 대응하는 유량 측정(642a)은 부정확할 수 있다. 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 이러한 그리고 다른 방법들은 다음에 더 상세하게 설명된다.

[0083] 도 7은 일 실시예에 따른 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(700)을 도시한다. 방법(700)은 단계(710)에서 진동계를 통해 유체를 유동시킴으로써 시작된다. 비록 임의의 적합한 진동계가 대안적인 실시예들에서 활용될 수 있지만, 진동계는 도 1을 참조하여 설명되는 진동계(5)일 수 있다. 단계(720)에서, 방법(700)은 진동계로 유체의 유량 및 밀도를 측정한다. 도시된 실시예에서, 임의의 적합한 유량이 대안적인 실시예들에서 활용될 수 있지만, 유량은 질량 유량일 수 있다. 단계(730)에서, 방법(700)은 측정된 밀도로부터 밀도 변화 속도를 결정한다. 밀도 변화 속도는, 예를 들어 샘플 크기의 이전의 측정들의 이동 평균 등과 같은 다양한 방식으로 결정될 수 있다.

[0084] 도 8은 일 실시예에 따른 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(800)을 도시한다. 방법(800)은 단계(810)에서 진동계를 통해 유체를 유동시킴으로써 시작된다. 진동계는 도 1을 참조하여 전술한 것에서 설명된 진동계(5)일 수 있다. 단계(820)에서, 방법(800)은 진동계로 유체의 유량 및 밀도를 측정한다. 비록 임의의 적합한 유량이 대안적인 실시예들에서 활용될 수 있지만, 유량은 질량 유량일 수 있다. 단계(830)에서, 방법(800)은 진동계의 구동 이득을 측정한다. 단계들(840 내지 880)에서, 방법(800)은, 측정들을 진동계에 의한 측정이 부정확한지를 결정하기 위해 기준들과 비교한다. 단계들(840 내지 880)에서 이루어지는 모든 비교들이 사실이라면, 유량 측정은 단계(880)에서 부정확한 것으로 표시된다.

[0085] 도 8에서 도시되는 바와 같이, 방법(800)은 측정된 밀도, 측정된 밀도의 밀도 변화 속도, 측정된 유량, 및 측정된 구동 이득을 대응하는 기준들과 비교한다. 단계(840)에서, 방법(800)은 밀도 기준과 측정된 밀도를 비교한다. 특히, 방법(800)은 측정된 밀도가 밀도 기준보다 더 작은지를 결정한다. 밀도 기준은 미리 정해진 밀도 기준일 수 있다. 예를 들어, 도 1 내지 도 6에서 도시되는 실시예들을 참조하여, 밀도 기준은 950 kg/m^3 일 수 있다. 950 kg/m^3 의 밀도 기준은, 950 kg/m^3 보다 더 큰 밀도 측정들에 대응하는 측정된 유량들이 진동계를 통해 계산된 총 재료 유동에 추가되는 것을 보장하도록 선택될 수 있다.

[0086] 단계(850)에서, 측정들의 밀도 변화 속도는 밀도 변화 속도 기준과 비교된다. 예를 들어, 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작다면, 방법(800)은 단계(860)로 진행한다. 밀도 변화 속도 기준은 미리 정해진 밀도 변화 속도 기준일 수 있다. 예를 들어, 도 1 내지 도 6에서 도시된 실시예들을 참조하여, 밀도 변화 속도 기준은 초당 10 kg/m^3 일 수 있다. 이에 따라, 밀도 측정이 밀도 기준보다 더 작으며 그리고 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작다면, 방법(800)은 단계(860)로 연속된다.

[0087] 단계(860)에서, 방법(800)은 유량 기준과 측정된 유량을 비교한다. 특히, 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작다면, 방법(800)은 단계(870)로 연속된다. 유량 기준은 미리 정해진 기준일 수 있다. 예를 들어, 도 1 내지

도 6에서 도시된 실시예들을 참조하여, 유량 기준은 100 시간당 미터톤일 수 있다. 이에 따라, 밀도 측정이 밀도 기준보다 더 작으며, 측정된 밀도의 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작고, 그리고 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작다면, 방법(800)은 단계(870)로 연속된다.

[0088] 단계(870)에서, 방법(800)은 구동 이득 기준과 측정된 구동 이득을 비교한다. 특히, 방법(800)은 측정된 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 큰지를 결정한다. 예를 들어, 도 1 내지 도 6에서 도시되는 실시예들을 참조하여, 구동 이득 기준은 85%일 수 있다. 이에 따라, 밀도 측정이 밀도 기준보다 더 작으며, 밀도 변화 속도가 밀도 변화 속도 기준보다 더 작고, 측정된 유량이 유량 기준보다 더 작으며, 그리고 측정된 구동 이득이 구동 이득 기준보다 더 크다면, 방법(800)은 단계(880)로 연속된다.

[0089] 단계(880)에서, 방법(800)은, 유량 측정이 부정확하다는 것을 나타낸다. 유량 측정은 단계(820)에서 측정되었던 동일한 유량일 수 있다. 즉, 유량, 밀도, 및 구동 이득은 대략적으로 동시에 측정될 수 있다. 그러나, 대안적인 실시예들에서, 단계들(820 내지 830)에서 측정된 유량, 밀도 및 구동 이득은 다른 방식들(예를 들어, 측정 시간 지연)로 대응할 수 있다. 도 8에서 도시되는 바와 같이, 측정된 밀도, 측정된 유량, 및 측정된 구동 이득은 대략적으로 동시에 측정됨으로써 서로 대응한다.

[0090] 유량 측정은 부정확하다는 것을 다양한 방식으로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 계측 전자장치에 저장되는 유량 측정은, 유량 측정이 부정확한 것을 단계들(840 내지 870)이 나타낼 때, 제로로 플리핑되는(flipped) 추가의 비트(bit)를 가질 수 있다. 즉, 유량 측정은 예를 들어 하나(one)의 값을 포함하는 디폴트(default) “정확한” 플래그(flag)와 함께 저장될 수 있다. 유량 측정이 부정확한 것을 방법(800)이 나타낼 때, 비트는 제로로 플리핑될 수 있다. 이에 의해, 부정확한 유량 측정은 후속하여 진동계를 통한 총 유량에 추가되지 않는다. 대안적인 실시예들은, 유량 측정이 부정확하다는 것을 나타내기 위해 다른 방법들을 활용할 수 있으며, 이는 도 1을 참조하여 설명되는 계측 전자장치(20) 상에서 실행될 수 있다. 예시적 계측 전자 장치(20)는 다음에서 설명된다.

[0091] 도 9는 진동계에 의해 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 장치(900)를 도시한다. 도 9에서 도시되는 실시예에서, 장치(900)는 도 1을 참조하여 기술한 것에 설명된 계측 전자장치(20)로 구성된다. 계측 전자장치(20)는 인터페이스(901) 및 프로세싱 시스템(910)을 포함할 수 있다. 프로세싱 시스템(910)은 저장 시스템(920)을 포함할 수 있다. 저장 시스템(920)은 도시되는 바와 같이 내부 메모리를 포함할 수 있거나, 대안적으로 외부 메모리를 포함할 수 있다.

[0092] 인터페이스(901)는 리드들(165r, 165l, 185)을 통해 구동 기구(180) 및 픽-오프 센서들(170l, 170r)로부터 센서 신호들을 수신할 수 있다. 인터페이스(901)는 임의의 방식의 포매팅(formatting), 증폭(amplification), 버퍼링(buffering) 등과 같은, 임의의 필요하거나 바람직한 신호 컨디셔닝(conditioning)을 수행할 수 있다. 대안적으로, 일부 또는 모든 신호 컨디셔닝은 처리 시스템(910)에서 수행될 수 있다. 또한, 인터페이스(901)는 계측 전자장치(20)와 외부 디바이스들 사이의 통신들을 가능하게 할 수 있다. 인터페이스(901)는 임의의 방식의 전자식, 광학식, 또는 무선 통신을 가능하게 할 수 있다.

[0093] 일 실시예에서의 인터페이스(901)는 디지털라이저(digitizer)를 포함할 수 있으며; 여기서 센서 신호가 아날로그(analog) 신호를 포함한다. 디지털라이저는 아날로그 신호를 샘플링(sample)하고 디지털화할 수 있고, 디지털 신호를 생성할 수 있다. 디지털라이저는 또한 임의의 요구되는 데시메이션(decimation)을 수행할 수 있으며, 여기서 디지털 신호는 요구되는 신호 프로세싱의 양을 감소시키기 위해 그리고 프로세싱 시간을 감소시키기 위해 데시메이션(decimate)된다.

[0094] 프로세싱 시스템(910)은 범용 컴퓨터, 마이크로-프로세싱 시스템, 논리 회로, 또는 일부 다른 범용 또는 커스터마이징된 프로세싱 디바이스를 포함할 수 있다. 프로세싱 시스템(910)은 다중의 프로세싱 디바이스들 중에서 분포될 수 있다. 프로세싱 시스템(910)은 임의의 방식의 통합형 또는 독립형 전자 기억 매체(electronic storage medium), 예컨대 스토리지 시스템(storage system)(920)을 포함할 수 있다.

[0095] 계측 전자장치(20)는 당 분야에서 일반적으로 공지된 다양한 다른 컴포넌트들 및 기능들을 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 이러한 부가적인 특징들은 간결성의 목적을 위해 설명 및 도면들로부터 생략된다. 따라서, 본 발명은 도시되고 논의된 특정 실시예들로 제한되지 않아야 한다.

[0096] 계측 전자장치(20)는 리드(185)에 걸쳐 송신된 구동 신호를 발생시키고 구동 기구(180)로 공급하기 위해 저장된 구동 신호를 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 1을 참조하여 설명된 구동 신호는 디지털-아날로그 변환기(digital-to-analog converter)로 저장된 구동 신호로부터 발생될 수 있다. 또한, 계측 전자장치(20)는 저장

된 센서 신호들 내로 리드들(165l, 165r)에 걸쳐 수신되는 센서 신호들을 수신하고, 인코딩하고 그리고 저장할 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서 신호들은 구동 기구(180)로부터 수신되는 신호들을 포함할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 또한 RTD 신호(미도시)로서 RTD(190)로부터 RTD 신호를 수신하고, 인코딩하고, 그리고 저장할 수 있으며, RTD는 유동 튜브들(130, 130')에 커플링된다. 계측 전자장치(20)는, 유동 튜브들(130, 130')을 통해 유동하는 재료의 유동 특성들을 획득하기 위해, 센서 신호들을 프로세싱할 수 있다.

[0097] 계측 전자 장치(20)는 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)을 수신하고 저장할 수 있다. 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)은 도 9에서 도시되는 바와 같이 인터페이스(901)를 통해 수신될 수 있고 스토리지 시스템(920)에 저장될 수 있다. 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)은 연관된 데이터, 예컨대 측정 시간 스탬프(stamp), 유효 비트(validity bit) 등을 갖는 디지털 값으로서 저장될 수 있다.

[0098] 계측 전자장치(20)는 또한 밀도 변화 속도 기준(928)을 계산할 수 있다. 밀도 변화 속도 기준(928)은 시간 기반 일련의 측정된 밀도(922)를 미리 정해진 샘플 크기로 저장함으로써 계산될 수 있다. 시간 기반 일련의 측정된 밀도(922) 각각 사이의 차이는 합산될 수 있고 차이들의 수에 의해 나누어질 수 있다. 샘플 크기는 하나 또는 그 초과일 수 있다. 예를 들어, 인터페이스(901)를 통해 수신되는 밀도 측정은 스토리지 시스템(920)에서 저장된 측정된 밀도(922)로부터 빼질(subtracted) 수 있다. 결과는 밀도 변화 속도(924)로서 저장될 수 있다.

[0099] 도 9에서 도시되는 실시예에서, 계측 전자장치(20)는 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)을 프로세싱할 수 있다. 예를 들어, 전술한 것에서 설명된 실시예들을 참조하면, 계측 전자장치(20)는 계측 조립체(10)로부터 인터페이스(901)를 통해 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)을 수신하고 저장할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 또한 측정된 유량(921), 측정된 밀도(922), 및 측정된 구동 이득(923)을 전술한 것에서 설명된 방법(800)을 사용하여 기준들과 비교할 수 있다.

[0100] 예를 들어, 계측 전자장치(20)는 측정된 유량(921)을 유량 기준(925)과 비교할 수 있다. 유사하게, 계측 전자장치(20)는 측정된 밀도(922)를 밀도 기준(926)과 그리고 측정된 구동 이득(923)을 구동 이득 기준(927)과 비교할 수 있다. 비록 대안적인 방법들이 계측 전자장치(20)에 의해 수행될 수 있지만, 비교가 도 8을 참조하여 설명되는 방법(800)으로 프로세싱 시스템(910)에 의해 수행될 수 있다.

[0101] 밀도 기준(926) 및 구동 이득 기준(927)이 미리 정해질 수 있다. 즉, 밀도 기준(926) 및 구동 이득 기준(927)은, 유량, 밀도 및 구동 이득의 측정 전에, 사용자에 의해 입력되고 알고리즘(algorithm) 등에 의해 결정될 수 있다. 그러나, 대안적인 실시예들은 기준들(925 내지 928)을 결정하고 그리고 저장하기 위해 다양한 다른 방법들을 활용할 수 있다. 예를 들어, 연료 유형들 및 상호연관된 기준들을 갖는 테이블이 계측 전자장치(20)에 저장될 수 있다. 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 계측 전자장치(20) 내로 연료 유형을 입력할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 스토리지 시스템(920)으로부터 상호연관된 기준들(925 내지 928)을 판독할 수 있다.

[0102] 측정들(921 내지 924)을 기준들(925 내지 928)과 비교함으로써, 계측 전자장치(20)는 측정된 유량(921)이 부정확한 측정인지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 방법(800)은 측정된 유량(921)이 유량 기준(925)보다 더 작으며, 측정된 밀도(922)가 밀도 기준(926)보다 더 작고, 측정된 구동 이득(923)이 구동 이득 기준(927)보다 더 크며, 그리고 밀도 변화 속도(924)가 밀도 변화 속도 기준(928)보다 더 작은지를 결정할 수 있다. 전술한 것의 비교들이 사실이라면, 계측 전자장치(20)는 총 유동 계산으로부터 측정된 유량(921)을 제외할 수 있다.

[0103] 계측 전자장치(20)는 또한 총 유동을 계산할 수 있다. 예를 들어, 계측 전자장치(20)는 로딩 또는 언로딩 프로세스의 기간 동안 시간 기반 일련의 측정된 유량들을 통합할 수 있다. 다른 방법들은 대안적인 실시예들에서 활용될 수 있다.

[0104] 전술된 실시예들은 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(700, 800) 및 장치(900)를 제공한다. 전술한 것에서 설명된 바와 같이, 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하기 위한 방법(700, 800) 및 장치(900)는 측정들을 기준들과 비교할 수 있다. 비교는 유량 측정이 부정확한지의 여부를 나타낼 수 있다. 유량 측정이 부정확하다면, 유량 측정은 총 유동 계산에 포함되지 않는다.

[0105] 이에 따라, 총 유동 계산은 부정확한 유량 측정들을 포함하지 않는다. 로딩 및 언로딩 프로세스들로의 회분식 적용들에서, 측정들은 동일할 수 있거나, 서로 동의된 공차 내에 있을 수 있다. 또한, 비교들이 계측 전자장치(20) 내에서 이루어질 수 있기 때문에, 추가의 측정 확인 디바이스들이 필요하지 않다.

[0106] 상기 실시예들의 상세한 설명들은, 본 설명의 범주 내에 있는, 본 발명자들에 의해 고려된 모든 실시예들의 총망라하는 설명들은 아니다. 사실상, 당업자들은, 상기 설명된 실시예들의 소정의 요소들이 추가의 실시예들을

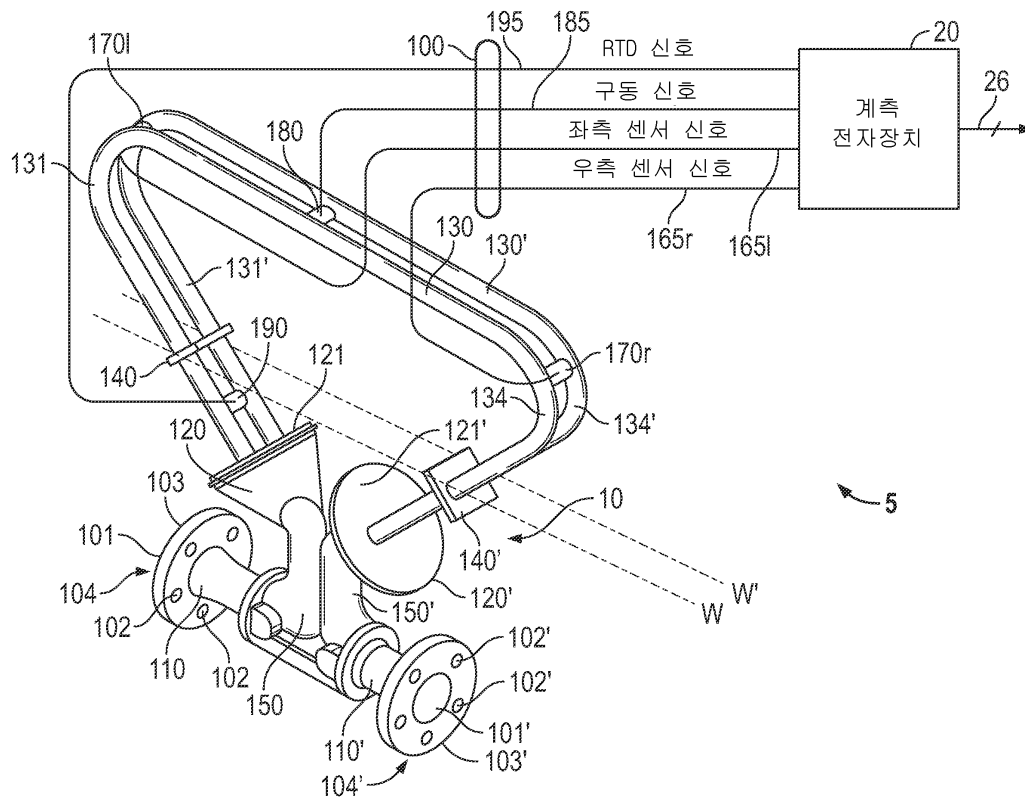
생성하기 위해서 다양하게 조합 또는 제거될 수 있으며, 이러한 추가의 실시예들이 본 설명의 범주 및 교시들 내에 속하는 것을 인식할 것이다. 또한, 상기 설명된 실시예들은 본 설명의 범주 및 교시들 내에 있는 추가의 실시예들을 생성하기 위해서 전체적으로 또는 부분적으로 조합될 수 있음이 당업자에게 분명할 것이다.

[0107]

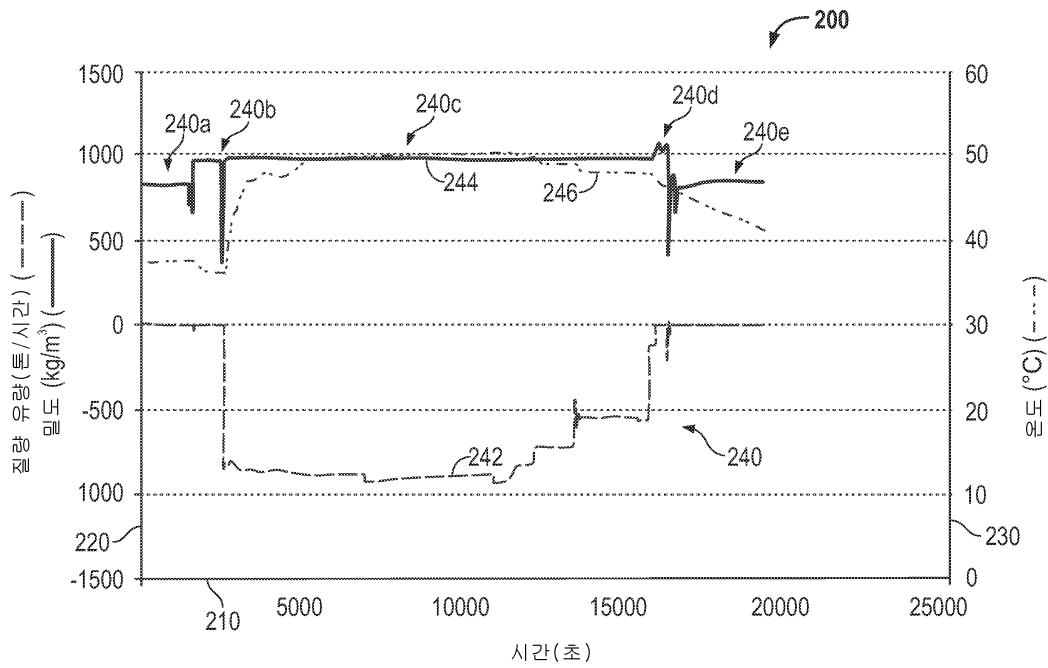
이에 따라, 특정 실시예들이 예시적 목적들을 위해 본원에 설명되어 있지만, 당업자들이 인식할 것이기 때문에, 등가의 다양한 수정예들이 본 설명의 범주 내에서 가능하다. 본원에 제공된 교시들은, 진동계에 의한 부정확한 유량 측정을 검출하는 다른 방법들 및 장치들 그리고 뿐만 아니라, 상기에서 설명되고 첨부 도면들에서 도시된 실시예들에 적용될 수 있다. 예를 들어, 로딩 및 언로딩 프로세스들 동안 부정확한 유량 측정을 검출하는 것은 벙커링 또는 연료 탱크 적용들에 바로 적용가능할 뿐만 아니라, 임의의 빈 상태-완충-빈 상태 적용(empty-full-empty application)에도 적용가능하다. 이에 따라, 상기 설명된 실시예들의 범주는 하기 청구범위들로부터 한정되어야 한다.

도면

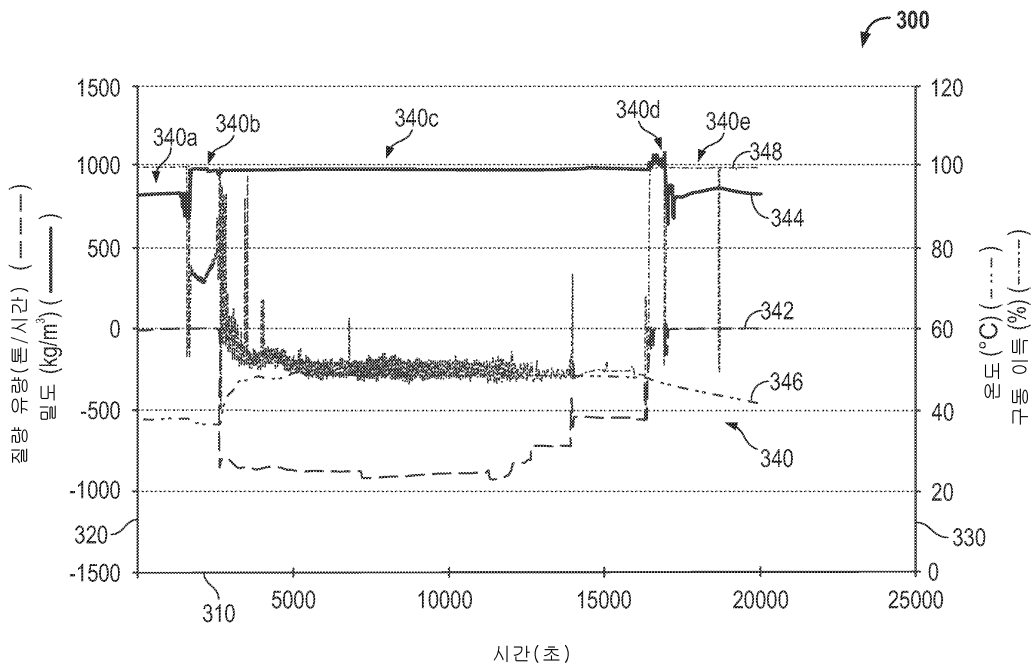
도면1



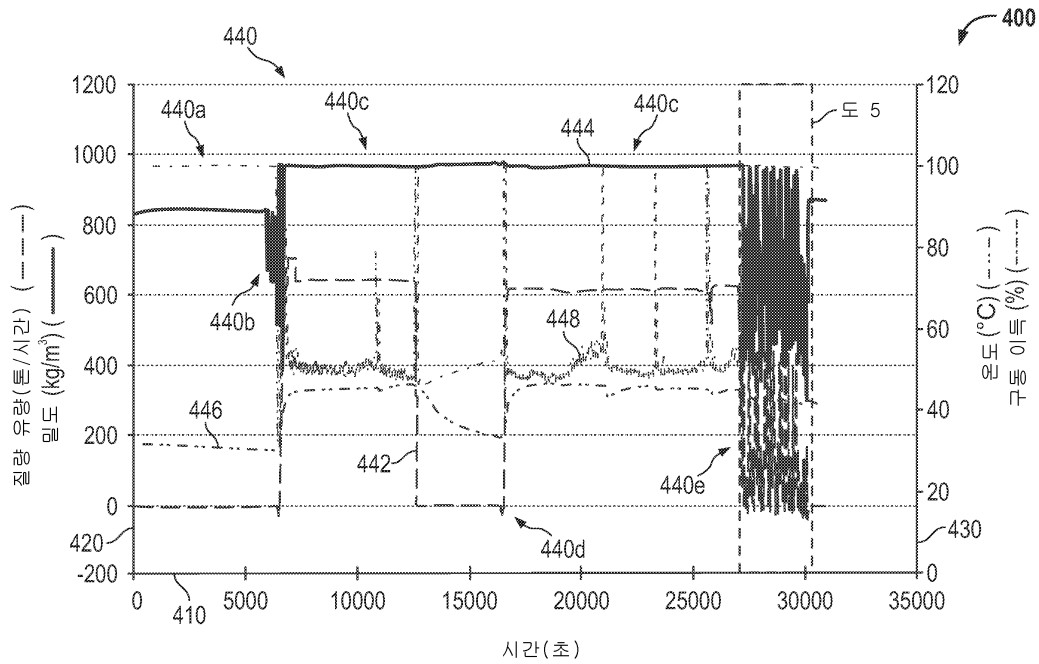
도면2



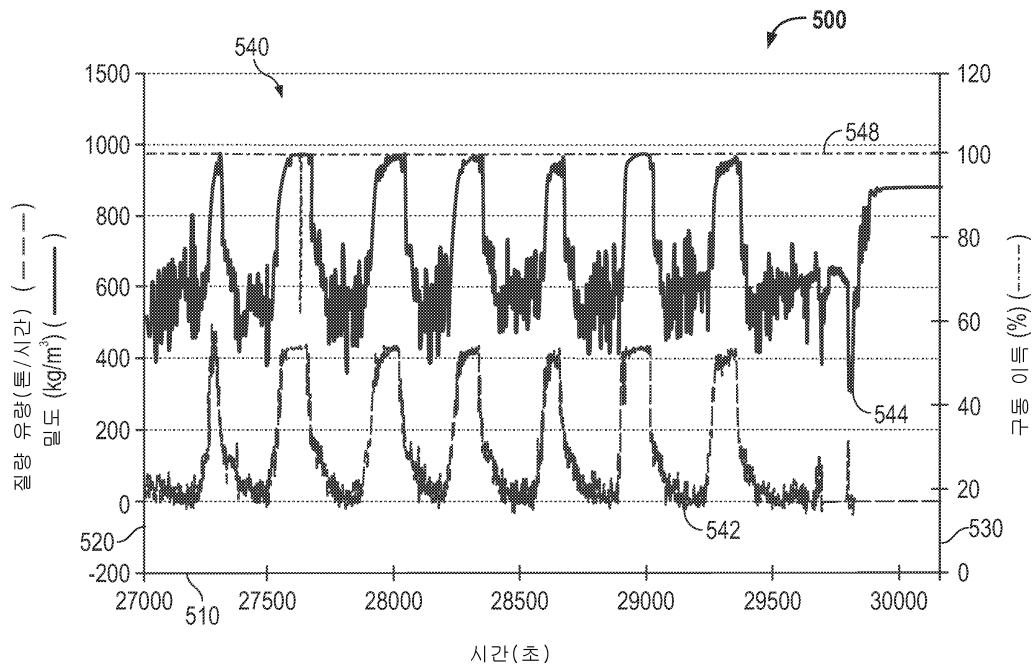
도면3



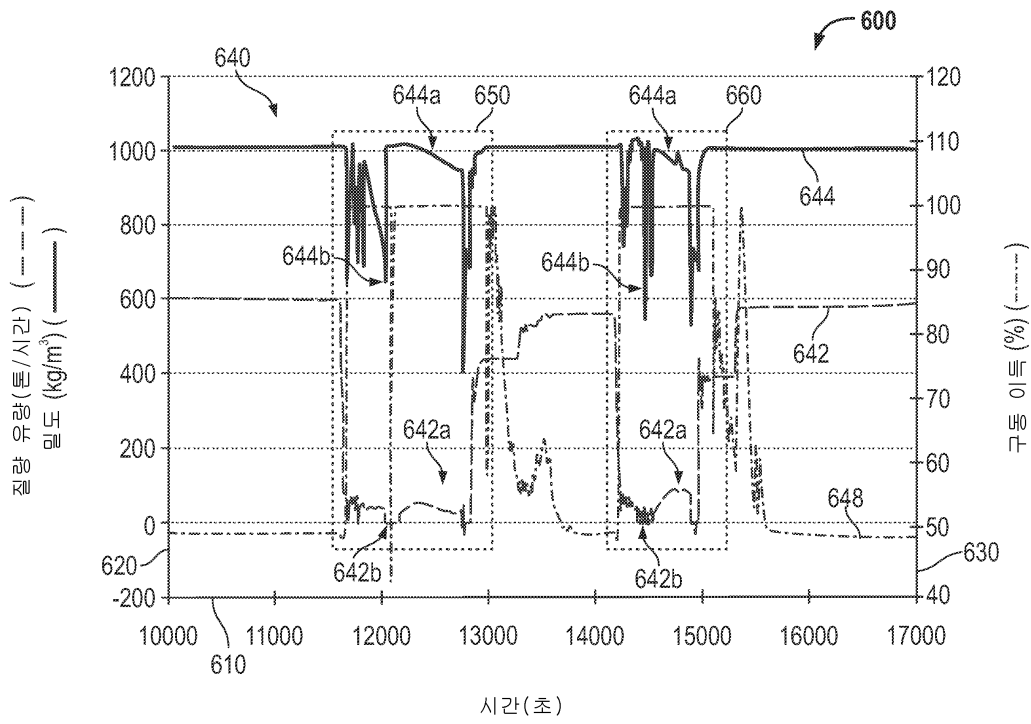
도면4



도면5

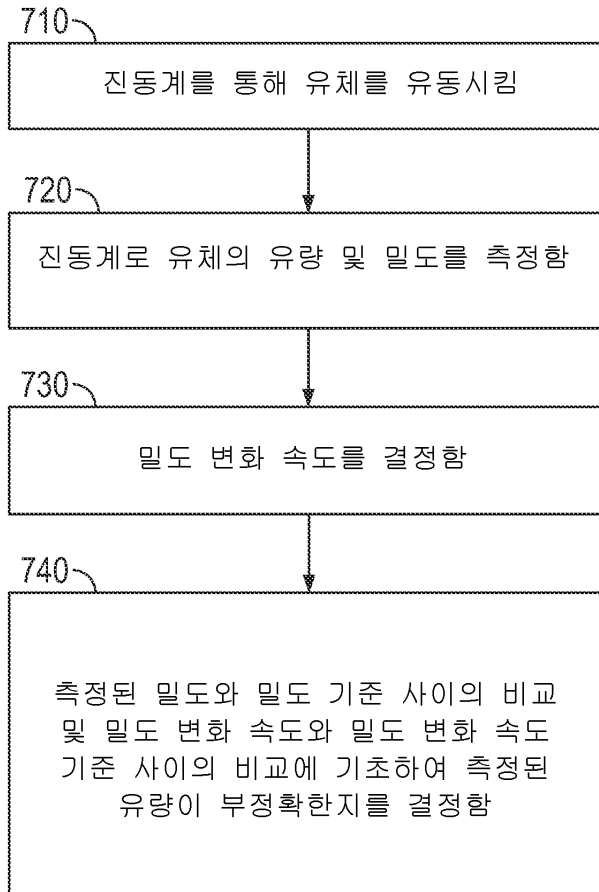


도면6

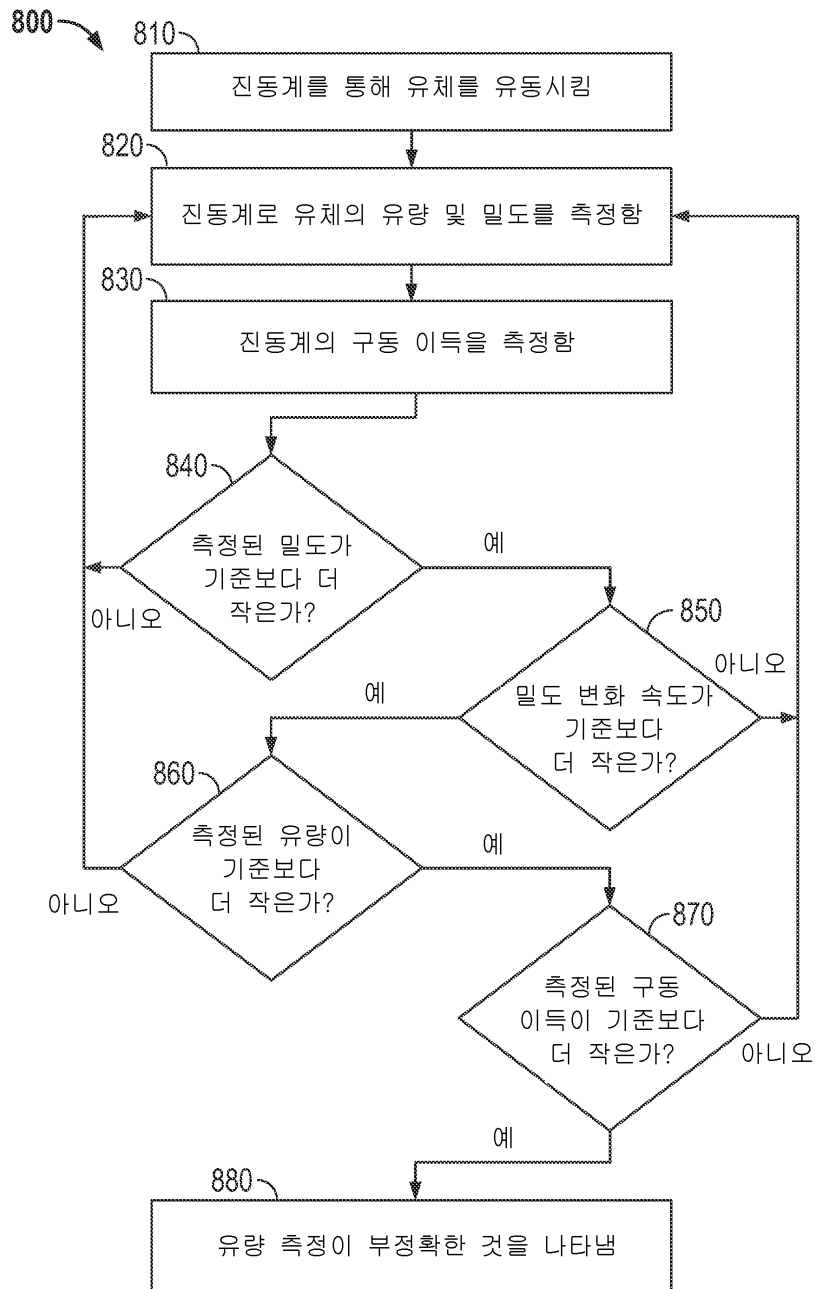


도면7

700



도면8



도면9

