(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월07일
(11) 등록번호 10-2765755
(24) 등록일자 2025년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 25/10 (2022.01) *G01F 1/84* (2006.01)
G01N 9/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 25/10 (2022.01)
G01F 1/84 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2022-7003877
(22) 출원일자(국제) 2020년03월09일
심사청구일자 2022년02월04일
(85) 번역문제출일자 2022년02월04일
(65) 공개번호 10-2022-0028112
(43) 공개일자 2022년03월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/021656
(87) 국제공개번호 WO 2021/006934
국제공개일자 2021년01월14일
(30) 우선권주장
PCT/US2019/040840 2019년07월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2931149 B2*
US20090151472 A1*
US20170356788 A1*
US20080083262 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
마이크로 모우션, 인코포레이티드
미국 콜로라도 80301 보울더 윈체스터 서클 7070
(72) 발명자
버틀러, 마크 앨런
미국 80516 콜로라도 이리 메인 스트리트 424 피.오. 박스 784
패튼, 앤드류 티모시
미국 80302 콜로라도 볼더 그린 미도우 레인 123
디시, 제임스 에스.
미국 80218 콜로라도 덴버 노스 클락슨 스트리트 1630 #204
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 허정문

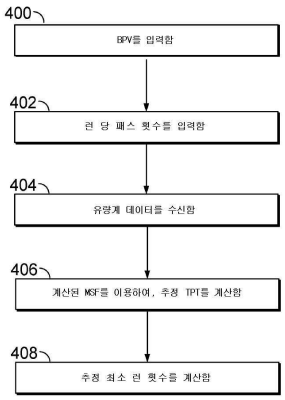
(54) 발명의 명칭 **총 프루브 시간을 결정하는 방법**

(57) 요 약

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법들이 제공되며, 방법들은, 진단 툴을 유량계(5) 센서 조립체(10)와 인터페이싱하는 단계를 포함한다. BPV(base prover volume), 원하는 런 당 패스 횟수(desired number of passes per run), 및/또는 최대 허용 런 횟수(maximum number of allowed runs)가 진단 툴에 입력될 수 있다. 유량계

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



데이터가 수신된다. 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time), 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수, 및/또는 추정 최소 BPV가 계산될 수 있다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

(52) CPC특허분류
G01F 1/8422 (2013.01)
G01F 1/8477 (2013.01)
G01N 9/002 (2013.01)
G01N 2009/006 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유량계 진단 툴(flowmeter diagnostic tool)을 동작시키기 위한 방법으로서,

상기 유량계 진단 툴과 통신하는 센서 조립체를 포함하는 코리올리 유량계를 제공하는 단계 - 상기 센서 조립체는 적어도 하나의 유동 도관과 통신하는 복수의 진동 트랜스듀서들을 포함함 -;

상기 진단 툴을 상기 센서 조립체와 인터페이싱하는 단계;

BPV(base prover volume)을 상기 진단 툴에 입력하는 단계;

원하는 런 당 패스 횟수(desired number of passes per run)를 상기 진단 툴에 입력하는 단계;

상기 코리올리 유량계로부터 진동 트랜스듀서에서 도출된 유량계 데이터를 수신하는 단계;

미리 결정된 반복성(repeatability) 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)를 계산하는 단계;

상기 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수를 계산하는 단계;

상기 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)를 계산하는 단계;

σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 결정하는 단계;

MSF(meter-specific factor)를 계산하는 단계를 포함하는,

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법.

청구항 2

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법으로서,

상기 유량계 진단 툴과 통신하는 센서 조립체를 포함하는 코리올리 유량계를 제공하는 단계 - 상기 센서 조립체는 적어도 하나의 유동 도관과 통신하는 복수의 진동 트랜스듀서들을 포함함 -;

상기 진단 툴을 상기 센서 조립체와 인터페이싱하는 단계;

최대 허용 런 횟수(maximum number of allowed runs)를 상기 진단 툴에 입력하는 단계;

원하는 런 당 패스 횟수를 상기 진단 툴에 입력하는 단계;

상기 코리올리 유량계로부터 진동 트랜스듀서에서 도출된 유량계 데이터를 수신하는 단계;

미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)를 계산하는 단계;

추정 최소 BPV(base prover volume)를 계산하는 단계;

상기 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)를 계산하는 단계;

σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 결정하는 단계;

MSF(meter-specific factor)를 계산하는 단계를 포함하는,

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 MSF는 상기 TPT 계산을 위한 샘플링 레이트를 포함하는,

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 MSF는, 상기 σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 샘플 수집 지속기간으로 나눔으로써 계산되는,

유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법.

청구항 5

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴로서,

상기 진단 툴과 통신하는 센서 조립체(10)를 포함하는 코리올리 유량계(5) - 상기 센서 조립체(10)는 적어도 하나의 유동 도관(103, 103')과 통신하는 복수의 진동 트랜스듀서들(104, 105, 105')를 포함함 -;

상기 코리올리 유량계(5)의 상기 센서 조립체(10)와 인터페이싱하고, 상기 코리올리 유량계(5)로부터 진동 트랜스 듀서에서 도출된 유량계 데이터를 수신하도록 구성된 전자장치(20);

사용자 입력을 수용하도록 구성된, 상기 전자장치와의 사용자 인터페이스 - 상기 입력은, BPV(base prover volume), 원하는 런 당 패스 횟수, 및 최대 허용 런 횟수 중 적어도 하나를 포함함 -; 및

프루빙 루틴(proving routine)(315)을 실행하도록 구성된 프로세싱 시스템(303)을 포함하며,

상기 프루빙 루틴(315)은, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)를 계산하는 것, 상기 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수를 계산하는 것, 및 추정 최소 BPV(base prover volume)를 계산하는 것 중 적어도 하나를 하도록 구성되며,

상기 진단 툴은,

상기 유량계 데이터로부터 유량의 표준 편차(σ)를 계산하고;

σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 결정하고;

MSF(meter-specific factor)를 계산하는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 MSF는 상기 TPT 계산을 위한 샘플링 레이트를 포함하는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 MSF는, 상기 σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 샘플 수집 지속기간으로 나눔으로써 계산되는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

청구항 8

제5 항에 있어서,

상기 전자장치는 상기 유량계(5)를 위한 미터 전자장치(meter electronics)(20)를 포함하는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

청구항 9

제5 항에 있어서,

상기 TPT를 계산하는 것은 불확실성 커버리지 팩터를 활용하는 것을 포함하는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

청구항 10

제5 항에 있어서,

상기 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 상기 추정 최소 런 횟수를 계산하는 것은 측정된 유량 및 BPV를 활용하는 것을 포함하는,

유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 아래에서 설명되는 실시예들은 반복성(repeatability) 요건들에 필요한 총 프루브 시간(total prove time)을 결정하는 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 볼륨 또는 질량 단위로 총 계측된(metered) 양에 의해 판매되는 액체 제품들의 상거래용 운송(custody transfer) 및 다른 재정적 측정(fiscal measurement)들은 대개, 미터 프루빙(meter proving)으로 일반적으로 지칭되는 프로세스에 의해 인 시튜(in situ)로 유효성확인(validate)되도록 요구된다. 미터 프루빙의 관행은 일반적으로 산업계에서 잘 확립되어 있다. 예컨대, 미터 프루빙을 설명하는 하나의 잘-알려진 표준은, API(American Petroleum Institute) MPMS(Manual of Petroleum Measurement Standards) 챕터 4.8이다(그러나 이제 제한되지 않음).

[0003] 무역 계약들 및 다른 구속력 있는 관행들 내의 특정 표준들을 따르는 조직들의 성공에 있어서, 그들이 상거래용 운송 애플리케이션(custody transfer application)들을 위해 액체 유동을 측정하기 위하여 사용하는 장비가, 합의된 표준들 내에서 설명되는 반복성에 대한 기준들을 일관되게 충족시키거나 초과하는 것이 중요하다. 그렇게 함으로써, 프루빙 이벤트로부터의 데이터는 최종 평균 미터 팩터(final average meter factor)에 대해 용인가능한 레벨들의 불확실성을 유발할 것이다.

[0004] TPT(Total Prove Time)는 위에서 언급된 바와 같은 프루빙 반복성 요건(proving repeatability requirement)들을 통과하는 데 필요한 시간이다. TPT는 또한, 설비의 설계 단계 동안 프루버(prover)의 사이징 및 선택을 위한 툴로 사용된다.

[0005] 코리올리(Coriolis) 유량계들은 대개, 유동 재료들에 대한 질량 유량, 밀도, 및 다른 정보를 측정하는 데 사용된다. 유동 재료들은, 액체들, 가스들, 조합된 액체들과 가스들, 액체들에 부유하는 고체들, 및 가스들 및 부유하는 고체들을 포함하는 액체들을 포함할 수 있다. 예컨대, 유량계들은 석유 및 석유 제품들의 유정 생산 및 정제에 널리 사용된다. 유량계는 유량을 측정함으로써(즉, 유량계를 통해 질량 유량을 측정함으로써) 유정 생산을 결정하는 데 사용될 수 있으며, 심지어 유동의 가스 및 액체 성분들의 상대적인 비율들을 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0006] 프루빙이 수행되는 애플리케이션들에서 코리올리 미터(Coriolis meter)들이 사용되고 있고, 유량계가 불안정한 유량들 및 "잡음이 있는(noisy)" 유동들을 겪고 있을 때, 문제들이 발생할 수 있다. 사용 중에 겪는 잡음의 레벨은 통상적인 설비들의 과거 관측들에 기반하여 어느 정도 예측될 수 있지만, 일단 설비가 완성되고 시스템이 다양한 세트들의 조건들 및 유량들 하에서 사용되고 동작되면, 유량의 실제 변동이 얼마인지 완전히 확신하기에는 유동 잡음 및 불안정성에 영향을 미칠 수 있는 전체 시스템 설계 변수들이 너무 많다.

[0007] 또한, 일단 사용 중에 측정이 시작되면, 프루빙 어려움들, 특히, 프루빙 반복성 표준들을 충족시키지 못하는 만성적인 실패들이 발생하는 경우, 진정한 근본 원인이 해결되어야 하는지를 고려하게 하는 잠재적 원인들이 많이 있다. 다수의 예측되지 않은 팩터들로 인해, 반복성 요건들을 통과하는 데 필요한 예상 유동 잡음 레벨 및 대응하는 TPT는, 설계 단계에서 예측된 TPT와 상당히 다를 수 있다.

[0008] 사이징 및 선택 툴로서, TPT는 예상되는 프로세스 조건들 하에서 잠재적인 미터 유동 잡음의 가정들 및 추정들에만 기반하였다. 그러나, 본 실시예들은 실제 커런트 조건(current condition)들에 기반하여 필요한 TPT를 결정 및 표시하기 위해, 사용 중인 동안 유량계로부터의 연속적인 라이브(live) 유량 측정들을 분석하는 방법들

및 장치들을 제공하며, 그에 따라 당해 기술분야에서의 진보가 실현된다.

발명의 내용

[0009] 일 실시예에 따르면, 유량계 진단 툴(flowmeter diagnostic tool)을 동작시키기 위한 방법이 제공된다. 진단 툴은 유량계 센서 조립체와 인터페이싱하며, BPV(base prover volume)가 진단 툴에 입력된다. 원하는 런 당 패스 횟수(desired number of passes per run)가 진단 툴에 입력된다. 유량계 데이터가 수신되고, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정(estimated) TPT(total prove time)가 계산된다. 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수가 계산된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법이 제공된다. 진단 툴은 유량계 센서 조립체와 인터페이싱하며, 최대 허용 런 횟수(maximum number of allowed runs)가 진단 툴에 입력된다. 원하는 런 당 패스 횟수가 진단 툴에 입력된다. 유량계 데이터가 수신되고, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)가 계산된다. 추정 최소 BPV(base prover volume)가 계산된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴이 제공된다. 전자장치는, 유량계(5)와 인터페이싱하고 그리고 유량계 데이터를 수신하도록 구성된다. 전자장치와의 사용자 인터페이스는, 사용자 입력을 수용하도록 구성되며, 입력은, BPV(base prover volume), 원하는 런 당 패스 횟수, 및 최대 허용 런 횟수 중 적어도 하나를 포함한다. 프로세싱 시스템(303)은 프루빙 루틴(proving routine)(315)을 실행하도록 구성되며, 프루빙 루틴(315)은, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)를 계산하는 것, 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수를 계산하는 것, 및 추정 최소 BPV(base prover volume)를 계산하는 것 중 적어도 하나를 하도록 구성된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0012] 양상들

[0013] 일 양상에 따르면, 유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법이 제공된다. 진단 툴은 유량계 센서 조립체와 인터페이싱하며, BPV(base prover volume)가 진단 툴에 입력된다. 원하는 런 당 패스 횟수가 진단 툴에 입력된다. 유량계 데이터가 수신되고, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)가 계산된다. 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수가 계산된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0014] 일 양상에 따르면, 유량계 진단 툴을 동작시키기 위한 방법이 제공된다. 진단 툴은 유량계 센서 조립체와 인터페이싱하며, 최대 허용 런 횟수가 진단 툴에 입력된다. 원하는 런 당 패스 횟수가 진단 툴에 입력된다. 유량계 데이터가 수신되고, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)가 계산된다. 추정 최소 BPV(base prover volume)가 계산된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0015] 바람직하게, MSF는 TPT 계산을 위한 샘플링 레이트를 포함한다.

[0016] 바람직하게, MSF는, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 샘플 수집 지속기간으로 나눔으로써 계산된다.

[0017] 일 양상에 따르면, 유량계 시스템을 구성하기 위한 진단 툴이 제공된다. 전자장치는, 유량계(5)와 인터페이싱하고 그리고 유량계 데이터를 수신하도록 구성된다. 전자장치와의 사용자 인터페이스는, 사용자 입력을 수용하도록 구성되며, 입력은, BPV(base prover volume), 원하는 런 당 패스 횟수, 및 최대 허용 런 횟수 중 적어도 하나를 포함한다. 프로세싱 시스템(303)은 프루빙 루틴(315)을 실행하도록 구성되며, 프루빙 루틴(315)은, 미리 결정된 반복성 요건을 통과하는 데 필요한 추정 TPT(total prove time)를 계산하는 것, 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수를 계산하는 것, 및 추정 최소 BPV(base prover volume)를 계산하는 것 중 적어도 하나를 하도록 구성된다. 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)가 계산되고, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수가 결정된다. MSF(meter-specific factor)가 계산된다.

[0018] 바람직하게, MSF는 TPT 계산을 위한 샘플링 레이트를 포함한다.

[0019] 바람직하게, MSF는, σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 샘플 수집 지속기간으로 나눔으로써 계산된다.

[0020] 바람직하게, 전자장치는 유량계(5)를 위한 미터 전자장치(meter electronics)(20)를 포함한다.

[0021] 바람직하게, TPT를 계산하는 것은 불확실성 커버리지 팩터를 활용하는 것을 포함한다.

[0022] 바람직하게, 계산된 TPT를 달성하는 데 필요한 추정 최소 런 횟수를 계산하는 것은 측정된 유량 및 BPV를 활용하는 것을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0023] 동일한 참조 번호는 모든 도면들 상에서 동일한 엘리먼트를 나타낸다. 도면들이 반드시 실척대로는 아니라는 것이 이해되어야 한다.

도 1은 일 실시예에 따른 유량계를 예시하고;

도 2는 일 실시예에 따른 진단 전자장치의 예를 예시하고;

도 3은 일 실시예에 따른, 유량계 진단 툴을 동작시키는 방법을 예시하는 흐름도이고; 그리고

도 4는 일 실시예에 따른, 유량계 진단 툴을 동작시키는 방법을 예시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 도 1 - 도 4 및 하기의 설명은, 당업자들에게, 아래에 개시된 실시예들의 최상의 모드를 만들고 사용하는 방식을 교시하기 위한 특정 예들을 묘사한다. 발명의 원리들을 교시하는 목적을 위해, 일부 종래의 양상들은 간략화되거나 생략되었다. 당업자들은 본 설명의 범위 내에 속하는, 이들 예들로부터의 변형예들을 인지할 것이다. 당업자들은, 후술되는 특징들이 다양한 방식들로 조합되어, 개시된 방법들의 다수의 변형들을 형성할 수 있다는 것을 인지할 것이다. 결과적으로, 아래에서 설명되는 실시예들은 아래에서 설명되는 특정 예들로 제한되지 않는다.

[0025] 본원에서 설명되는 방법들은 유량계에 통합될 수 있거나, 또는 유량계들 및 유동 시스템들과 인터페이싱하는 전용 진단 툴을 사용하여 수행될 수 있다. 도 1은, 예컨대, 코리올리 유량계/농도계(densitometer)와 같은(그러나 이에 제한되지 않음) 임의의 진동계(vibrating meter)일 수 있는 유량계(5)를 예시한다. 유량계(5)는 센서 조립체(10) 및 미터 전자장치(20)를 포함한다. 센서 조립체(10)는 프로세스 재료의 질량 유량 및 밀도에 응답한다. 미터 전자장치(20)는 경로(26)를 통해 밀도, 질량 유량, 및 온도 정보뿐만 아니라 다른 정보를 제공하기 위해 리드(lead)들(100)을 통해 센서 조립체(10)에 연결된다. 센서 조립체(10)는 플랜지(flange)들(101 및 101'), 한 쌍의 매니폴드(manifold)들(102 및 102'), 한 쌍의 평행 도관들(제1 도관(103) 및 제2 도관(103')), 구동기(104), 온도 센서(106), 이를테면, RTD(resistive temperature detector), 및 한 쌍의 픽오프(pickoff)들(105 및 105'), 이를테면, 자석/코일 픽오프들, 스트레인 게이지(strain gage)들, 광학 센서들, 또는 당해 기술분야에 알려진 임의의 다른 픽오프를 포함한다. 도관들(103 및 103')은 유입구 레그들(107 및 107') 및 배출구 레그들(108 및 108')을 각각 갖는다. 도관들(103 및 103')은 그들의 길이를 따르는 적어도 하나의 대칭적 위치에서 구부러지며, 그들의 길이 전반에 걸쳐 본질적으로 평행하다. 각각의 도관(103, 103')은 축들(W 및 W')을 중심으로 각각 오실레이팅한다.

[0026] 도관들(103, 103')의 레그들(107, 107', 108, 108')은 도관 장착 블록들(109 및 109')에 고정적으로 부착되고, 이들 블록들은 차례로, 매니폴드들(102 및 102')에 고정적으로 부착된다. 이는 센서 조립체(10)를 통한 연속적 폐쇄 재료 경로를 제공한다.

[0027] 플랜지들(101, 101')이, 측정되고 있는 프로세스 재료를 운반하는 프로세스 라인(미도시)에 연결될 때, 재료는 플랜지(101)의 제1 오리피스(도 1의 도면에서 보이지 않음)를 통해 유량계(5)의 제1 단부(110)에 진입하고 매니폴드(102)를 통해 도관 장착 블록(109)으로 안내된다. 매니폴드(102) 내에서, 재료는 도관들(103 및 103')을 통해 분할 및 라우팅된다. 도관들(103 및 103')을 빠져나갈 때, 프로세스 재료는 매니폴드(102') 내에서 단일 스트림으로 재조합되고, 이후에 플랜지(101')에 의해 프로세스 라인(미도시)에 연결된 제2 단부(112)를 빠져나가도록 라우팅된다.

[0028] 도관들(103 및 103')이 선택되고, 각각 구부림 축(bending axis)들(W--W 및 W'--W')을 중심으로 실질적으로 동일한 질량 분포, 관성 모멘트들, 및 영률을 갖도록 도관 장착 블록들(109 및 109')에 적절히 장착된다. 도관들(103, 103')의 영률이 온도에 따라 변화하고, 이 변화가 유동 및 밀도의 계산에 영향을 미치므로, 도관의 온도

를 연속적으로 측정하기 위해 온도 센서(106)가 적어도 하나의 도관(103, 103')에 장착된다. 도관의 온도, 및 이에 따라 도관을 통과하는 주어진 전류에 대해 온도 센서(106)에 걸쳐 나타나는 전압은 주로, 도관을 통과하는 재료의 온도에 의해 좌우된다. 온도 센서(106)에 걸쳐 나타나는 온도-종속적 전압은, 도관(103, 103') 온도의 임의의 변화들로 인한 도관들(103, 103')의 탄성률(elastic modulus)의 변화를 보상하도록, 미터 전자장치(20)에 의해, 잘-알려진 방법에서 사용된다. 온도 센서(106)는 미터 전자장치(20)에 연결된다.

[0029] 도관들(103, 103') 둘 모두는, 유량계의 제1 이위상(out-of-phase) 구부림 모드로 칭해지는 그 각자의 구부림 축들(W 및 W')을 중심으로 대향하는 방향들로 구동기(104)에 의해 구동된다. 이러한 구동기(104)는 다수의 잘-알려진 어레인지먼트들 중 임의의 하나, 이를테면, 도관(103')에 장착된 자석 및 도관(103)에 장착된 대향 코일을 포함할 수 있으며, 이를 통해 교류 전류가 도관들 둘 모두를 진동시키도록 전달된다. 적합한 구동 신호는 미터 전자장치(20)에 의해 리드(113)를 통해 구동기(104)에 인가된다. 논의가 2개의 도관들(103, 103')에 관한 것이지만, 다른 실시예들에서, 단일 도관만이 제공될 수 있거나 2개 초과의 도관들이 제공될 수 있다는 것이 인지되어야 한다. 또한, 다수의 구동기들 및 구동기(들)가 제1 이위상 구부림 모드 이외의 모드들에서 도관들을 구동하도록 다수의 구동 신호들을 생성하는 것이 본 발명의 범위 내에 있다.

[0030] 미터 전자장치(20)는 경로(26) 또는 다른 통신 링크에 커플링될 수 있다. 미터 전자장치(20)는 경로(26)를 통해 밀도 측정들을 통신할 수 있다. 미터 전자장치(20)는 또한, 경로(26)를 통해 임의의 방식의 다른 신호들, 측정들, 또는 데이터를 송신할 수 있다. 게다가, 미터 전자장치(20)는 경로(26)를 통해 명령들, 프로그래밍, 다른 데이터, 또는 커맨드들을 수신할 수 있다.

[0031] 미터 전자장치(20)는 리드(114) 상에서 온도 신호를, 그리고 각각, 리드들(115 및 115') 상에서 나타나는 좌측 및 우측 속도 신호들을 수신한다. 미터 전자장치(20)는 구동기(104)에 대해 리드(113) 상에서 나타나는 구동 신호를 생성하고 도관들(103, 103')을 진동시킨다. 미터 전자장치(20)는 센서 조립체(10)를 통과하는 재료의 질량 유량 및 밀도를 컴퓨팅하기 위해, 좌측 및 우측 속도 신호들 및 온도 신호를 프로세싱한다. 이 정보는 다른 정보와 함께, 미터 전자장치(20)에 의해 경로(26)를 통해 활용 수단(utilization means)에 인가된다. 미터 전자장치(20)의 회로의 설명은 본 발명을 이해하는 데 필요하지 않고, 이 설명의 간결성을 위해 생략된다.

[0032] 도 1의 설명은 단지 하나의 가능한 진동계의 동작의 예로서 제공되며, 본 발명의 교시를 제한하도록 의도되지 않는다는 것이 인지되어야 한다. 예컨대, 코리올리 유량계 구조가 설명되지만, 코리올리 질량 유량계에 의해 제공되는 추가적인 측정 능력 없이도, 본 발명이 진동 튜브(vibrating tube) 또는 포크 농도계(fork densitometer)에 대해 실시될 수 있다는 것이 당업자들에게 명백해질 것이다.

[0033] 도 2는 일 실시예에 따른 미터 전자장치(20)의 일반적인 블록도이다. 독립형 진단 툴을 위한 전자장치가 유사한 아키텍처를 가질 수 있다는 것이 주목되어야 한다. 동작 시에, 유량계(5)는, 예컨대, 개별 유동 컴포넌트들의 볼륨 및 질량 유량 둘 모두를 포함하여, 다상 유동(multi-phase flow)에 대한 밀도, 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. 미터 전자장치(20) 및 독립형 전자장치는 사용자 인터페이스를 포함할 수 있으며, 사용자는 데이터를 입력하고 그리고/또는 출력된 데이터를 수신할 수 있다.

[0034] 유량계(5)는 진동 응답을 생성한다. 진동 응답은 하나 이상의 유체 측정 값들을 생성하도록 미터 전자장치(20)에 의해 수신 및 프로세싱된다. 값들은 모니터링되고, 기록되고, 저장되고, 총계되고 그리고/또는 출력될 수 있다.

[0035] 미터 전자장치(20)는 인터페이스(301), 인터페이스(301)와 통신하는 프로세싱 시스템(303), 및 프로세싱 시스템(303)과 통신하는 저장 시스템(304)을 포함한다. 이들 컴포넌트들이 별개의 블록들로서 도시되지만, 미터 전자장치(20)는 통합된 그리고/또는 개별 컴포넌트들의 다양한 조합들로 구성될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0036] 인터페이스(301)는, 리드들(100)에 커플링되도록, 그리고, 예컨대 구동기(104), 픽오프 센서들(105, 105'), 및 온도 센서(106)와 신호들을 교환하도록 구성될 수 있다. 인터페이스(301)는 추가로, 통신 경로(26)를 통해, 이를테면, 외부 디바이스들과 통신하도록 구성될 수 있다.

[0037] 프로세싱 시스템(303)은 임의의 방식의 프로세싱 시스템을 포함할 수 있다. 프로세싱 시스템(303)은 유량계(5)를 동작시키기 위해 저장된 루틴들을 리트리브(retrieve) 및 실행하도록 구성된다. 저장 시스템(304)은, 일반 미터 루틴(meter routine)(305) 및 구동 이득 루틴(313)을 포함하는 루틴들을 저장할 수 있다. 저장 시스템(304)은 측정들, 수신된 값들, 작업 값들, 및 다른 정보를 저장할 수 있다. 일부 실시예들에서, 저장 시스템은 질량 유량(m)(321), 밀도(ρ)(325), 점도(μ)(323), 온도(T)(324), 압력(309), 구동 이득(306), 및 당해 기술

분야에 알려진 임의의 다른 변수들을 저장한다. 루틴들(305, 313)은 언급된 임의의 신호뿐만 아니라 당해 기술분야에 알려진 다른 변수들을 포함할 수 있다. 다른 측정/프로세싱 루틴들이 고려되며, 설명 및 청구항들의 범위 내에 있다.

[0038] 일반 미터 루틴(305)은 유체 정량화들 및 유동 측정들을 생성 및 저장할 수 있다. 이들 값들은 실질적으로 순간적인 측정 값들을 포함할 수 있거나, 또는 총계된, 누적된, 그리고/또는 평균화된 값들을 포함할 수 있다. 예컨대, 일반 미터 루틴(305)은, 예컨대, 질량 유량 측정들을 생성하고 이들을 저장 시스템(304)의 질량 유량(321) 저장소에 저장할 수 있다. 유사하게, 일반 미터 루틴(305)은, 예컨대, 밀도 측정들을 생성하고, 이들을 저장 시스템(304)의 밀도(325) 저장소에 저장할 수 있다. 질량 유량(321) 및 밀도(325) 값들은 이전에 논의된 바와 같이 그리고 당해 기술분야에 알려진 바와 같이 진동 응답으로부터 결정된다. 질량 유량 및 다른 측정들은 실질적으로 순간적인 값을 포함할 수 있거나, 샘플을 포함할 수 있거나, 시간 간격에 걸친 평균 값을 포함할 수 있거나, 또는 시간 간격에 걸친 누적 값을 포함할 수 있다. 시간 간격은 소정의 유체 조건들, 예컨대, 액체-단독 유체 상태, 또는 대안적으로, 액체들, 동반된 가스, 및/또는 고체들, 용질들, 및 이들의 조합들을 포함하는 유체 상태가 검출되는 시간 블록에 대응하도록 선택될 수 있다. 게다가, 다른 질량 및 볼륨 유량 및 관련된 정량화들이 고려되고 설명 및 청구항들의 범위 내에 있다.

[0039] 제공된 실시예들은 사용 중에 실제 관측된 조건들에 기반하여 유량계에 대한 추정 최소 TPT 필요성을 표시할 수 있는 진단 툴을 포함하며, 따라서, 근본 원인 및 프루빙 실패들을 해결하기 위해 취할 최상의 조치 과정을 결정하는 데 유용하다. 일 실시예에서, 진단 툴은 최소 TPT를 결정하는 프루빙 루틴(315)을 갖는 미터 전자장치(20)를 포함한다. 진단 툴의 다른 실시예들은 미터 전자장치와 별개이지만, 인터페이스(301)에 의해 유량계 시스템 미터 전자장치(20)와 통신할 수 있다.

[0040] 표시된 최소 TPT 필요성이 실제 동작 조건들에 기반하는 것에 따라, 가장 간단한 해결책은 표시된 TPT 타겟을 달성하기 위해 런(run)들 및/또는 패스(pass)들의 수를 증가시키는 것일 수 있다. 대조적으로, 진단 툴이, TPT 타겟을 달성하기 위해 필요한 TPT의 증가가 너무 극적이어서 구현하는 것이 비실용적일 것이라고 표시할 경우, 다른 해결책들이 모색될 수 있는데, 이는 시스템 유동 잡음을 야기할 것이며, 따라서 표시된 TPT 타겟이 달성가능한 그리고/또는 실용적인 레벨로 감소될 것이다. 유동 잡음을 감소시키기 위해 변경들이 이루어질 때, TPT 진단 툴은, 상이한 개선들이 적용될 때, 그 상이한 개선들의 유효성에 대한 즉각적인 피드백을 제공하기 위해 모니터링될 수 있고, 그에 따라, 그 상이한 개선들이 구현될 때 정정 조치들을 유효성확인한다.

[0041] 진단 툴은 또한, 휴대가능 프루버로 프루빙하기 위해 계약을 체결할 때마다 또는 고정식 프루버를 더 큰 사이즈로 업그레이드하여 용량을 증가시킬 계획일 때마다 특히 유용하다. 유량계가 설치되고 동작하면, TPT 진단은, 프루빙 반복성 요건들이 새로운 유량에서 충족될지 또는 계획된 프루버 사이즈를 사용하여 실제 패스 및/또는 런 횟수로 새로운 조건들 하에 충족될지에 대한 합리적인 예상을 인-시튜로 검증(verify)하기 위해, 프루버의 도착 전에 이전에 테스트되지 않은 유량으로 관측될 수 있다. TPT 진단에 의해 표시되는 경우, 프루빙 계약자는 적절하게 사이징된 프루버를 가져오도록 사전에 지시받을 수 있거나, 또는 계획된 용량 업그레이드 설계가 데이터에 따라 상응하게 조정될 수 있다.

[0042] 현장 경험 및 테스트는, 반복성에 대한 API MPMS 챕터 4.8 요건들을 성공적으로 충족시킬 확률과 TPT 사이에 특정 코리올리 유량계 설계들에 대한 양호한 상관관계가 있음을 증명하였다. TPT는 수학식 1에 의해 정의된다.

[0043] $$TPT = BPV/(Flow\ Rate) \times PPR \times n \qquad (1)$$

[0044] 여기서:

[0045] *TPT* = 총 프루브 시간.

[0046] *Flow Rate* = 프루브 동안의 시스템의 평균 또는 설정점 유량.

[0047] *BPV* = 베이스 프루버 볼륨.

[0048] *PPR* = 런 당 패스 횟수.

[0049] *n* = 총 런 횟수.

[0050] TPT는, 프루브 동안에 미터로부터의 펄스들이 누적되는 동안, 프루버의 디스플레이서(displacer)가 프루버 검출기 스위치들 사이를 이동한 총 누적 시간(total accumulated time)이다.

[0051] BPV는, 미터로부터의 펄스들이 누적되는 동안, 프루버 디스플레이서의 각각의 패스 동안에 프루버에 의해 변위된(displaced) 총 교정 볼륨(total calibrated volume)이다.

[0052] PPR은 프루브 동안의 각각의 프루빙 런 당 총 패스 횟수이다. 런 당 다수의 패스들이 측정될 때, 그 런에 대한 결과적인 볼륨 측정은 그 런 동안 취해진 모든 패스들의 평균이다.

[0053] 총 런 횟수(n)는 프루브의 결과를 결정하기 위해 분석되는 런들의 횟수이다. 런들의 횟수는 또한, 선택된 표준들에 따라 프루브를 위해 적용될 반복성 허용오차를 지시한다.

[0054] 일 실시예에서, 진단 툴은, 유량계에 의해 표시된 순간 유량의 변동을 측정하기 위해 표준 통계 분석을 적용함으로써 TPT 타겟을 결정한다. 가장 최근의 샘플 윈도우에 걸쳐 캡처된 유량 데이터의 진행중인 표준 편차(ongoing standard deviation)를 컴퓨팅하기 위해 통계적 계산들이 사용된다. 표준 편차 값은, 지속적으로(on an ongoing basis) 샘플 프로세스를 반복하고 그리고 각각의 후속 샘플 윈도우가 완료될 때 새로운 표준 편차를 컴퓨팅함으로써 계속해서 업데이트된다. 샘플 윈도우 지속기간은 구성가능한 값이며, 그에 따라, 샘플 윈도우 지속기간은 TPT 진단의 성능을 최적화하도록 조정될 수 있다. 예컨대, 샘플 기간 지속기간이 5초로 구성되면, 표준 편차 값은 항상, 송신기에 대한 표준 샘플링 레이트에서 마지막 5초에 걸쳐 수집된 유량 샘플들의 전체 세트의 표준 편차를 나타낼 것이다. 샘플링 윈도우는 오퍼레이터에 의해 미리 결정된 시간 값일 수 있다.

[0055] 성공적인 프루빙을 위한 최소 TPT 타겟은 수학식 2에서 보여지는 바와 같이 표준 편차로부터 계산된다.

$$TPT_m = \left(\frac{k \times \sigma}{U_{MF}}\right)^2 \Big/ MSF \qquad (2)$$

[0056]

[0057] 여기서:

[0058] TPT_m = 추정 최소 총 프루브 시간(초 단위).

[0059] k = 불확실성 커버리지 팩터(예컨대, k = 2는 95% 신뢰도와 동일함).

[0060] σ = 라이브 미터 유량 표시의 관측된 커런트(단기) 표준 편차(% 단위).

[0061] U_{MF} = 타겟 미터 팩터 불확실성(% 단위).

[0062] MSF = 미터-특정 팩터.

[0063] TPT_m은, 미터 연속 유량 샘플링이 순간 유량에 대한 표준 편차(σ)를 표시할 때를 프루빙하면서, 커버리지 팩터(k)를 갖는 미터 팩터 불확실성(U_{MF})을 획득하기 위해 미리 결정된 반복성 표준을 통과하는 데 필요한 프루브 시간 추정 최소치이다.

[0064] MSF는 미터 σ 샘플링 레이트로부터의 샘플들의 겉보기 수(apparent number)(n)를 초 단위의 프루빙 시간으로 변환하는 데 필요한 팩터이다. 종래의 교시들에서, MSF는 진단 툴들 또는 유량계들에 미리-프로그래밍된 고정 값이다. 이 값은 특정 미터에 특정되며, 제조 및 교정 동안 개별적으로 도출되어야 한다. 각각의 진단 툴 또는 유량계가 개별맞춤된(personalized) MSF를 필요로 한다는 요건은, 시간, 비용, 및 복잡성을 제조 프로세스에 추가한다. 일 실시예에서, MSF는 진단 툴 또는 유량계 자체에 의해 계산되며, 이는 제조 또는 교정들 동안 개별 MSF를 특정 미터에 맞춤화할 필요성을 제거한다. 일 실시예에서, MSF는 TPT 측정들을 위한 샘플링 레이트를 포함한다. 일 실시예에서, MSF는 수학식 3에서와 같이 계산된다:

$$MSF = \frac{\#\ \text{of samples used to calculate } \sigma}{\text{sample duration}} \qquad (3)$$

[0065]

[0066] 따라서, 수학식 3을 활용하기 위해, 진단 툴 또는 유량계는 유량계 센서 조립체 유량의 표준 편차(σ)를 계산하고, 또한 MSF가 계산되기 전에 σ를 계산하는 데 사용되는 샘플들의 수를 결정해야 한다.

[0067] 단지 예로서, API MPMS 챕터 4.8에 따르면, U_{MF}는 0.027%로 설정될 것이고, MSF는, 일부 코리올리 유량계들의 경우, 26.5로 설정될 수 있다. 따라서, 수학식 2는 다음과 같이 계산될 것이다:

$$TPT = \left(\frac{2 \times \sigma}{0.027}\right)^2 \Big/ 26.5$$

[0068]

[0069] 진단 툴의 실시예들은, 반복성 요건들을 통과하는 데 필요한, TPT(초 단위), 총 패스 횟수(카운트 단위), 및/또는 총 런 횟수(카운트 단위)의 단위들을 표시한다.

[0070] 필요한 총 패스 횟수를 표시하기 위해, BPV 값이 디바이스에 기록되어야 한다. 수학식 4에서 보여지는 바와 같이, BPV 및 측정된 유량으로부터 총 패스 횟수가 계산된다.

$$Total\ passes\ = TPT_{Diag}\ X\ \frac{Flow\ Rate}{BPV} \qquad (4)$$

[0071]

[0072] 여기서:

[0073] Total passes = 패스들이 멀티-패스 런들로 그룹화되고 평균화되든 또는 런들로서 개별적으로 유지되든, 필요한 총 패스들의 횟수.

[0074] TPT_{Diag} = 본 발명에 의해 계산된 총 프루브 시간 진단 값.

[0075] BPV = 미터 구성에 기록된 베이스 프루버 볼륨 값.

[0076] Flow Rate = 미터에 의해 측정된 순간 유량.

[0077] 필요한 총 런 횟수를 표시하기 위해, BPV 값 및 런 당 패스 값이 디바이스에 기록되어야 한다. 수학식 5에서 보여지는 바와 같이, BPV, 런 당 패스 횟수, 및 측정된 유량으로부터, 필요한 총 런 횟수가 계산된다.

$$Total\ runs\ = TPT_{Diag}\ X\ \frac{Flow\ Rate}{(Passes\ per\ run\ X\ BPV)} \qquad (5)$$

[0078]

[0079] 여기서:

[0080] Total runs = 반복성을 통과할 것으로 예상되는 데 필요한 총 런 횟수.

[0081] TPT_{Diag} = 본 발명에 의해 계산된 총 프루브 시간 진단 값.

[0082] BPV = 미터 구성에 기록된 베이스 프루버 볼륨 값.

[0083] Passes per run = 프루브 동안의 각각의 프루빙 런 당 평균화된 패스 횟수.

[0084] 도 3은, 오퍼레이터가 BPV(base prover volume)를 입력하고(400) 그리고 런 당 패스 횟수를 입력할(402) 수 있게 하는 진단 툴을 동작시키는 실시예를 예시한다. 유량계 데이터가 진단 툴에 의해 수신된다(404). 유량계 데이터는, 유량들, 동작 조건들, 유체 특성들, 및 다른 미터 데이터를 포함할 수 있다. 유량계 데이터의 일부 예들은, 질량 유량, 볼륨 유량, 밀도, 점도, 온도, 압력, 구동 이득, 및 불확실성 커버리지 팩터를 포함한다(그러나 이에 제한되지 않음). 이러한 값들은 순간적일 수 있거나 또는 샘플 범위 및/또는 시간 기간에 걸쳐 평균화될 수 있다. 그런 다음, 진단 툴은, 런 당 패스 횟수 및 BPV에 대해 입력된 값들 및 커런트 조건들이 주어지면, 추정 TPT의 라이브 표시들을 계산하고(406), 그리고 TPT를 달성하는 데 필요한 최소 런 횟수를 계산한다(408). 이들 데이터가 또한 출력될 수 있다.

[0085] 도 4는, 오퍼레이터가 최대 허용 런 횟수(maximum allowed number of runs)를 입력하고(500) 그리고 런 당 패스 횟수(number of passes per run)를 입력할(502) 수 있게 하는 진단 툴을 동작시키는 실시예를 예시한다. 유량계 데이터가 진단 툴에 의해 수신된다(504). 유량계 데이터는, 유량들, 동작 조건들, 유체 특성들, 및 다른 미터 데이터를 포함할 수 있다. 유량계 데이터의 일부 예들은, 질량 유량, 볼륨 유량, 밀도, 점도, 온도, 압력, 구동 이득, 및 불확실성 커버리지 팩터를 포함한다(그러나 이에 제한되지 않음). 이러한 값들은 순간적일 수 있거나 또는 샘플 범위 및/또는 시간 기간에 걸쳐 평균화될 수 있다. 그런 다음, 진단 툴은, 런 당 패스 횟수 및 최대 허용 런 횟수에 대해 입력된 값들 및 커런트 조건들이 주어지면, 추정 TPT의 라이브 표시들을 계산하고(506), 그리고 TPT를 달성하는 데 필요한 최소 BPV를 계산한다(508). 이들 데이터가 또한 출력될 수 있다.

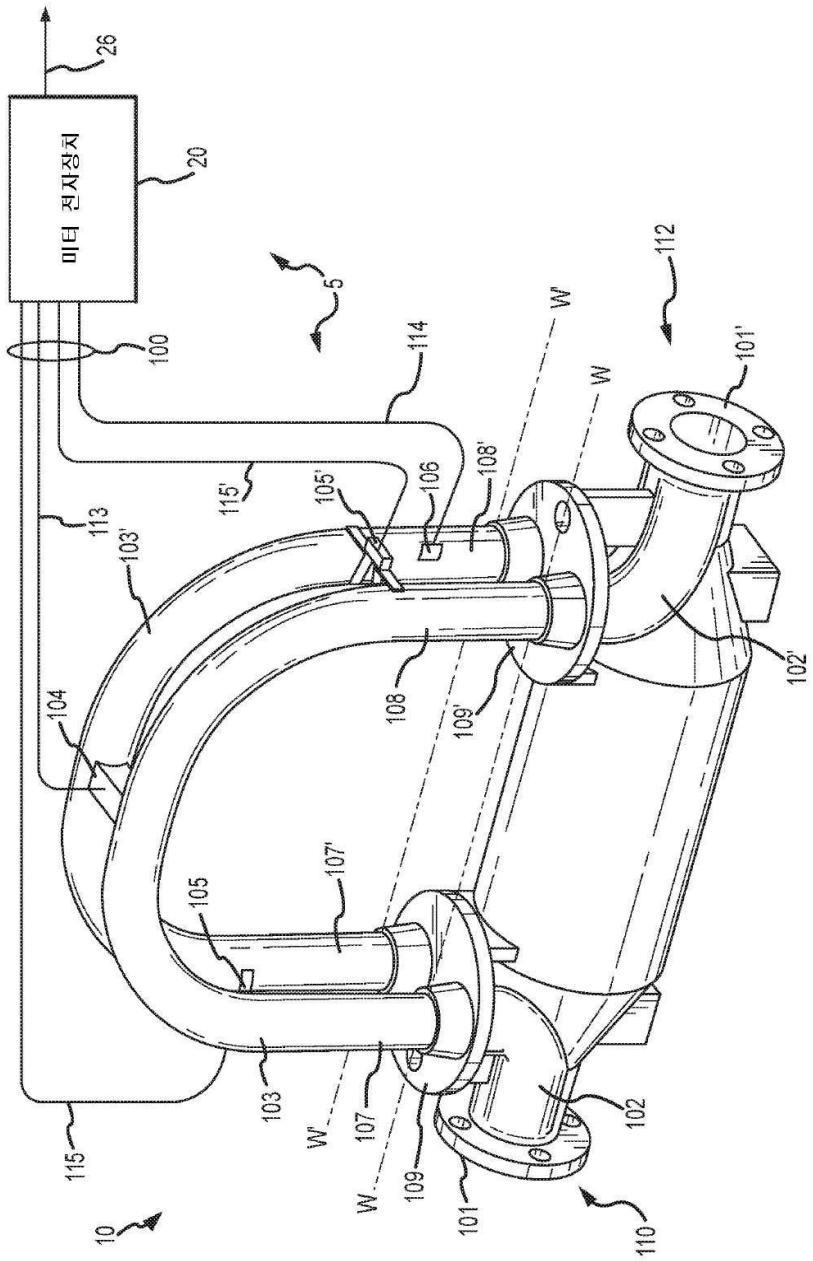
[0086] 위의 실시예들에서, 유량계는 미터 전자장치를 갖는 진단 툴을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 진단 툴은 유량계와 별개의 디바이스일 수 있다.

[0087] 위에서 상세히 설명된 바와 같이, TPT 진단은, 프루빙 문제들이 발생할 때 향상된 문제해결(troubleshooting)을 통해 유량계들의 사용 용이성(ease-of-use)을 증가시킨다. TPT 진단 툴은 또한, 코리올리 유량계들의 프루빙 동안 성능을 최적화하기 위해 향후 시스템 설계들에서 사용될 수 있는 피드백을 제공한다. 이러한 라이브 표시들을 통해, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 오퍼레이터는, 시스템 설정 변경들이 라이브 TPT 및 다른 표시된 값들에 미치는 영향을 관측하기 위해, 프루빙되지 않은 경우에도, 유량들 및 시스템 설정들 및 조건들을 변화시킬 수 있다. 이는, 프루빙 결과들을 개선하는 것을 목표로 고려 중인 상이한 시스템 동작 전술들의 유효성을 테스트하기 위해 간단하고, 직접적이며, 즉각적인 피드백을 제공할 것이다.

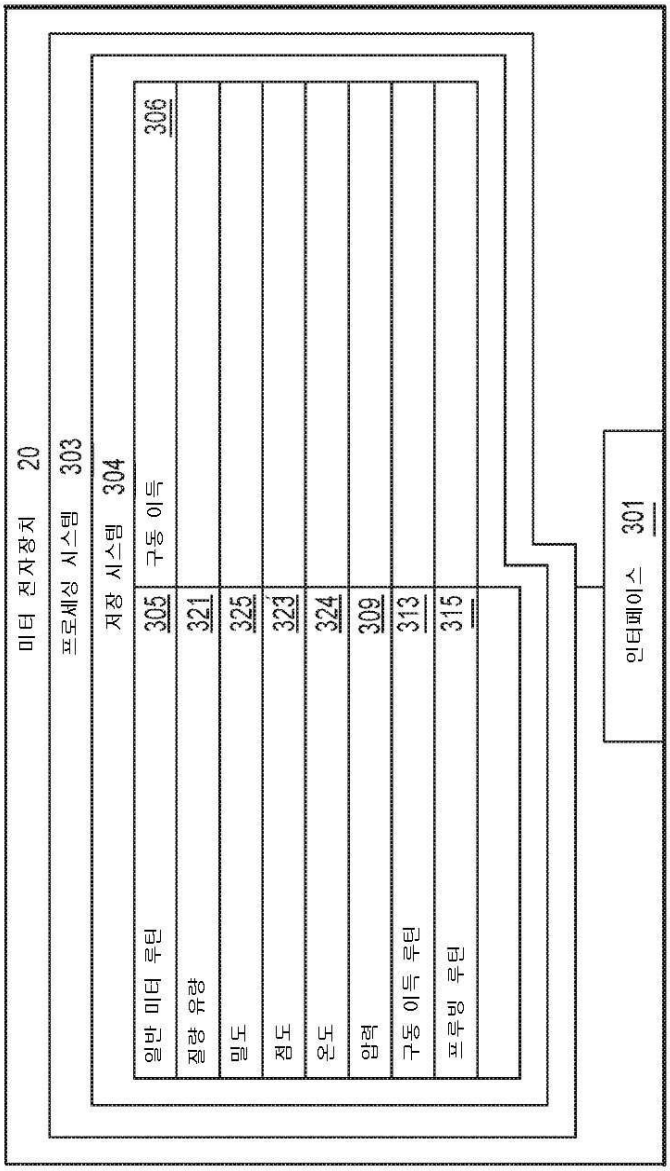
[0088] 전술한 실시예들의 상세한 설명들은 본 설명의 범위 내에 있는 것으로 본 발명자들에 의해 고려되는 모든 실시예들에 대한 철저한 설명들은 아니다. 실제로, 당업자들은, 전술한 실시예들의 특정 엘리먼트들이 추가의 실시예들을 생성하기 위해 다양하게 조합되거나 제거될 수 있으며, 그러한 추가의 실시예들이 본 설명의 범위 및 교시들 내에 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 당업자들에게는, 전술한 실시예들이 전체적으로 또는 부분적으로 조합되어 본 설명의 범위 및 교시들 내에서 추가적인 실시예들을 생성할 수 있다는 것이 자명할 것이다.

도면

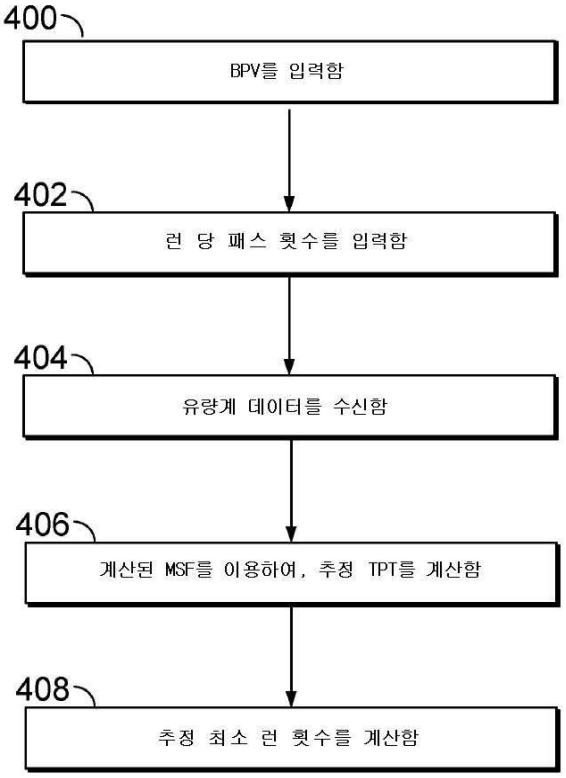
도면1


미터 전자장치
20
26
5
100
114
112
W'
W
101'
115'
105'
106
108'
113
103'
104
108
109'
102'
107'
105
103
W'
107
W
109
101
102
115
10
110

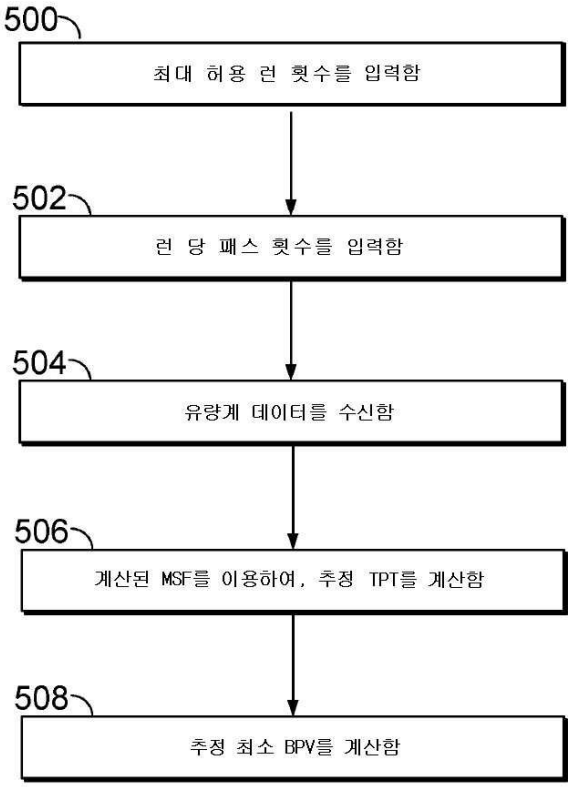
도면2


미터 전자장치 20
프로세싱 시스템 303
저장 시스템 304
일반 미터 루틴 305
질량 유량 321
밀도 325
점도 323
온도 324
압력 309
구동 이득 루틴 313
프루빙 루틴 315
구동 이득 306
인터페이스 301

도면3


400
BPV를 입력함
402
런 당 패스 횟수를 입력함
404
유량계 데이터를 수신함
406
계산된 MSF를 이용하여, 추정 TPT를 계산함
408
추정 최소 런 횟수를 계산함

도면4


500
최대 허용 런 횟수를 입력함
502
런 당 패스 횟수를 입력함
504
유량계 데이터를 수신함
506
계산된 MSF를 이용하여, 추정 TPT를 계산함
508
추정 최소 BPV를 계산함