(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년11월29일
(11) 등록번호 10-1206381
(24) 등록일자 2012년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 1/84 (2006.01) *G01N 9/00* (2006.01)
G01N 33/28 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7026647(분할)
(22) 출원일자(국제) 2006년03월15일
심사청구일자 2011년03월15일
(85) 번역문제출일자 2009년12월21일
(65) 공개번호 10-2010-0017889
(43) 공개일자 2010년02월16일
(62) 원출원 특허 10-2007-7025004
원출원일자(국제) 2006년03월15일
심사청구일자 2007년10월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/009272
(87) 국제공개번호 WO 2006/104690
국제공개일자 2006년10월05일
(30) 우선권주장
60/666,023 2005년03월29일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR100314182 B1
KR100406859 B1
KR1019890001594 B1
KR1019920002015 B1
전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자
마이크로 모우션, 인코포레이티드
미국 콜로라도 80301 보울더 윈체스터 서클 7070
(72) 발명자
더프필, 그라메, 랄프
미국 80302 콜로라도 보울더 올데 스테이지 로드 6186
존스, 스티븐, 엠.
미국 80516 콜로라도 에리에 티난 드라이브 1911
패턴, 앤드류, 티모시
미국 80302 콜로라도 보울더 그린 메도우 레인 123
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

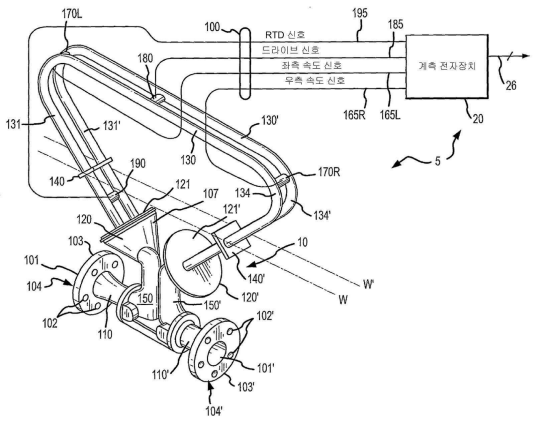
심사관 : 이달경

(54) 발명의 명칭 **가스 유동 물질 내의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법 및 계측 전자장치**

(57) 요 약

본원발명의 일 실시예에 따라 유량계(5)를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 계측 전자장치(20)가 제공된다. 이러한 계측 전자장치(20)는 상기 유량계(5)로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하기 위한 인터페이스(201) 및 상기 인터페이스(201)와 통신하는 처리 시스템(203)을 포함한다. 상기 처리 시스템(203)은 인터페이스(201)로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하고, 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 사용하여 상기 가스 유동 물질의 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 가스 유동 물질의 가스 유동 분율을 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상과 비교하며, 상기 비교로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 구성된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

유량계(5)를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 계측 전자장치(20)로서,

상기 유량계(5)로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하기 위한 인터페이스(201); 및

상기 인터페이스(201)와 통신하는 처리 시스템(203); 을 포함하고,

상기 처리 시스템이, 인터페이스(201)로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하고, 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하고, 상기 제1 센서 신호 및 상기 90도 위상 편이를 사용하여 주파수 응답을 계산하고, 상기 주파수 응답을 사용하여 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도, 상기 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 및 상기 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 구성되는,

계측 전자장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 처리 시스템(203)이 1에서 액체 유동 분율을 뺀 값으로 가스 유동 분율을 결정하도록 추가로 구성되는,

계측 전자장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 처리 시스템(203)이,

제곱된 주파수 응답을 생성하도록 상기 주파수 응답을 제곱하고 상기 유동 스트림 밀도를 생성하도록 상기 제곱된 주파수 응답의 역수를 구함으로써 상기 유동 스트림 밀도를 결정하도록 추가로 구성되는,

계측 전자장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 처리 시스템(203)이,

제1 센서 신호 및 제2 센서 신호로부터 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 유동 스트림 밀도를 상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도 및 상기 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도와 비교하며, 상기 비교로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 추가로 구성되는,

계측 전자장치.

청구항 5

청구항 5은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 처리 시스템(203)이,

상기 액체 유동 분율을 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값과 비교하고, 상기 액체 유동 분율이 상기 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값을 초과하면 경보 상태를 설정하도록 추가로 구성되는,

계측 전자장치.

청구항 6

청구항 6은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 유량계(5)가 코리올리 유량계를 포함하는,

계측 전자장치.

청구항 7

청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 유량계(5)가 진동 농도계를 포함하는,

계측 전자장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 액체 유동 분율의 결정이 구동 이득 및 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하는 것을 추가로 포함하는,

계측 전자장치.

청구항 9

유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법으로서,

상기 유량계로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하는 단계;

상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하는 단계;

상기 제1 센서 신호 및 상기 90도 위상 편이를 사용하여 주파수 응답을 계산하는 단계;

상기 주파수 응답을 사용하여 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하는 단계; 및

상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도, 상기 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 및 상기 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계;를 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

청구항 10

청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제9항에 있어서,

1에서 액체 유동 분율을 뺀 값으로 가스 유동 분율을 결정하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 주파수 응답으로부터 유동 스트림 밀도를 결정하는 단계가,

제곱된 주파수 응답을 생성하도록 상기 주파수 응답을 제곱하는 단계; 및

상기 유동 스트림 밀도를 생성하도록 상기 제곱된 주파수 응답의 역수를 구하는 단계; 를 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 액체 유동 분율을 결정하는 단계가,

상기 유동 스트림 밀도를 상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도 및 상기 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도와 비교하는 단계; 및

상기 비교 단계로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계; 를 더 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 액체 유동 분율을 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값과 비교하는 단계; 및

상기 액체 유동 분율이 상기 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값을 초과하면 경보 상태를 설정하는 단계; 를 더 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 액체 유동 분율을 결정하는 단계가 상기 유동 스트림 밀도 및 구동 이득으로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본원발명은 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질 내의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법 및 계측 전자 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 1985년 1월 1일 J.E. Smith 등에게 허여된 미국 특허 번호 4,491,025 및 1982년 2월 11일 J.E. Smith 에게 허여된 Re. 31,450호에 개시된 것과 같은 파이프라인을 통해 유동하는 물질의 질량 유동 및 기타 정보를 측정하기 위한 코리올리 질량 유량계를 사용하는 것이 공지되어 있다. 이러한 유량계는 다른 구성의 유동관을 하나 이상

구비한다. 각각의 도관 구성은 예를 들어, 단수 굽힘, 비틀림, 방사상 및 결합된 모드를 포함하는 자연 진동 세트를 갖는 것으로 간주할 수 있다. 통상의 코리올리 질량 유동 측정 장치에서, 도관 구성은 물질이 도관을 통해 유동함에 따라 하나 이상의 진동 모드로 여기되며, 도관의 운동은 도관을 따라 이격되어 있는 위치에서 측정된다.

[0003] 물질이 채워진 시스템의 진동 모드는 유동관 내의 물질 및 유동관의 결합된 질량에 의해 부분적으로 규정된다. 물질은 유량계의 유입구 측 상에 연결된 파이프라인으로부터 유량계로 흐른다. 이후 물질은 유동관 또는 유동관들로 향하게 되고 유량계를 떠나 배출구 측 상에 연결된 파이프라인으로 흐르게 된다.

[0004] 드라이버가 유동관에 하중을 가한다. 하중은 유동관이 진동하도록 한다. 유량계를 통해 흐르는 물질이 없다면, 유동관을 따른 모든 지점은 동일한 위상으로 진동한다. 물질이 유동관을 통해 유동함에 따라, 코리올리 가속도가 유동관을 따른 각각의 위치들이 유동관을 따른 다른 위치에 대하여 다른 위상을 갖도록 한다. 유동관의 유입구 측에서의 위상은 드라이버에 뒤처지는 반면, 배출구 측에서의 위상은 드라이버를 앞선다. 유동관의 다른 위치에 센서들이 배치되어 다른 위치에서의 유동관의 운동을 나타내는 사인함수 신호를 생성한다. 두 개의 센서 신호 간의 위상차는 유동관 또는 유동관을 통해 유동하는 물질의 질량 유속에 비례한다. 종래의 방식 중 하나에서는 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform; DFT) 또는 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform; FFT)이 센서 신호 사이의 위상차를 결정하기 위해 사용된다. 유동관 조립체의 진동 주파수 응답 및 위상차가 질량 유속을 얻기 위해 사용된다.

[0005] 종래의 방식 중 하나에서는 예를 들어 진동 드라이버 시스템으로 송신되는 주파수를 사용함으로써 독립된 기준 신호가 픽오프(pickoff) 신호 주파수를 결정하기 위해 사용된다. 다른 종래의 방식에서는 픽오프 센서에 의해 생성된 진동 주파수 응답이 노치 필터(notch filter)에 있는 주파수에 중심을 맞춤(centering)으로써 결정될 수 있으며, 여기서 종래 기술의 유량계는 노치 필터의 노치를 픽오프 센서 주파수에 유지하려고 시도한다. 이러한 종래 기술은 정지된 상태에서는 매우 잘 작동하며, 여기서 유량계 내의 유동 물질은 균일하며 최종 픽오프 신호 주파수는 비교적 안정적이다. 그러나 유동 물질이 부유된 액체를 포함하는 가스 유동 물질을 포함하는 2-상 유동(two-phase flow)과 같이, 유동 물질이 균일하지 않은 경우에는 종래기술의 위상 측정은 실패하게 된다. 이러한 상황에서, 종래 기술에서 결정된 주파수는 빠르게 요동한다. 빠르고 큰 주파수 변이의 상태 동안에는, 픽오프 신호가 필터 대역폭 외부로 이동하여 잘못된 위상 및 주파수 측정이 이루어질 수 있다. 이는 또한, 유량계가 빈 상태(empty condition)와 채워진 상태(full condition)에서 번갈아 가며 반복적으로 작동하는 엠티-풀-엠티 배칭(empty-full-empty batching)에서도 문제가 된다. 또한, 센서의 주파수가 빠르게 이동하면, 복조(demodulation) 과정은 실제 또는 측정된 주파수를 따라갈 수 없어서 잘못된 주파수에서의 복조가 이루어지게 된다. 결정된 주파수가 부정확하거나 잘못되면, 후속적으로 얻어지는 밀도, 용적 유속 등의 값도 부정확하거나 잘못된다는 것을 이해해야 한다. 더욱이, 이러한 오차는 계속되는 유동 특성 측정에서 증가하게 된다.

[0006] 종래 기술에서, 픽오프 신호는 노치 필터를 실행하기 위하여 디지털화되어 디지털 방식으로 다루어진다. 노치 필터는 단지 주파수의 좁은 대역만을 수용한다. 그러므로 목적 주파수가 변경되면 노치 필터는 주기 시간에 대해 목적 신호를 추적할 수 없게 된다. 통상적으로, 디지털 노치 필터 실행은 요동하는 목적 신호를 추적하는데 1-2 초가 소요된다. 주파수를 결정하기 위해 종래 기술에서 요구되는 시간으로 인하여, 주파수 및 위상 결정이 오차를 포함할 뿐만 아니라 오차 측정은 오차 및/또는 2-상 유동이 실제로 일어나는 시간 간격(time span)을 초과하는 시간 간격을 포함하게 되는 결과가 발생한다. 이는 노치 필터 실행의 비교적 늦은 응답에 기인한다.

[0007] 결과적으로 종래 기술의 유량계는 유량계 내의 유동 물질의 2-상 유동 과정 동안에 픽오프 센서 주파수를 정확하거나, 빠르거나, 만족스럽게 추적하거나 결정할 수 없다. 결과적으로, 종래 기술은 결정된 픽오프 주파수를 사용하여 위상차를 유도하므로, 위상 결정도 마찬가지로 느리고 오차를 갖기 쉽다. 따라서 주파수 측정에서의 어떠한 오차도 위상 결정에서 증가하게 된다. 결과적으로 주파수 결정 및 위상 결정에서 오차가 증가하여 질량 유속의 결정에 있어 오차를 증가시키게 된다. 또한, 결정된 주파수 값은 밀도 값을 결정하기 위해 사용되므로(밀도는 제곱 주파수 분의 1과 거의 동일하다), 주파수 결정에서의 오차는 밀도 결정에서도 반복되거나 증가하게 된다. 이는 또한 용적 유속의 경우에도 마찬가지인데, 용적 유속은 질량 유속을 밀도로 나눈 것과 동일하기 때문이다.

[0008] 전술한 것과 같은 진동 유동관의 한 가지 응용은 가스 유동 물질의 질량 유속을 측정하는 것이다. 통상적인 응용은 예를 들어 천연 가스와 같이 정(well)으로부터의 가스 생산물의 측정이다. 그러나 정으로부터의 가스는 통상적으로 순수한 상태로 존재하지 않으며, 예를 들어 물과 같은 다양한 양의 불순물을 포함한다. 그러므로 가스 유동 물질은 액체 분자(liquid particle) 또는 액체와 가스의 혼합물을 포함할 수 있다. 이러한 2-상 유

동은 생산물 측정을 어렵게 한다. 또한, 천연 가스 생산물에서, 가스는 가스 유동 물질로부터 물을 제거하기 위하여 글리콜(또는 다른 건조 액체)을 사용하는 분리기(separator)를 통과할 수 있다. 그러나 이러한 건조 과정은 건조 액체의 일부가 가스 유동 물질 내에 부유하게 하는 결과를 가져온다. 이는 액체 유동 분율(liquid flow fraction)이라 명명되며, 여기서는 가스 유동 물질이 일부의 액체 또는 액체 분자를 포함하고 있다. 액체 유동 분율을 포함하는 가스 유동 물질의 측정이 문제가 된다.

[0009] 액체 유동 분율을 포함하는 가스 유동을 측정하기 위한 종래의 방식은 평균 밀도를 측정하는 것이다. 종래 기술은 밀도가 본질적으로 순수한 가스 유동으로부터 벗어났을 때를 결정할 수 있으며 탐지 가능한 양의 액체가 가스 유동에 부유하는 경우에는 밀도 정보를 무시한다. 대안적으로, 종래 기술은 평균 가스 유동 분율 양을 얻기 위하여 평균 유동 밀도를 알려진 값에 연관시킬 수 있다.

[0010] 그러나 종래 기술의 방식은 결점을 갖는다. 평균 가스 질량 유속은 액체 유동 분율의 양이 변동하는 경우와 같이 많은 경우에 있어 매우 정확하지는 않다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0011] 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법 및 계측 전자장치의 제공을 통해서 상술한 문제점 및 기타 문제점들이 해결되며 기술의 진보가 이루어지게 된다.

과제 해결수단

[0012] 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 계측 전자장치가 본원발명의 일 실시예에 따라 제공된다. 상기 계측 전자장치는, 상기 유량계로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하기 위한 인터페이스 및 상기 인터페이스와 통신하는 처리 시스템을 포함한다. 상기 처리 시스템은 인터페이스로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하고, 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 사용하여 상기 가스 유동 물질의 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상과 비교하며, 상기 비교로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 구성된다.

[0013] 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 계측 전자장치가 본원발명의 일 실시예에 따라 제공된다. 상기 계측 전자장치는, 상기 유량계로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하기 위한 인터페이스 및 상기 인터페이스와 통신하는 처리 시스템을 포함한다. 상기 처리 시스템은 인터페이스로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하고, 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하고, 상기 제1 센서 신호 및 상기 90도 위상 편이를 사용하여 주파수 응답을 계산하고, 상기 주파수 응답을 사용하여 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 구성된다.

[0014] 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법이 본원발명의 일 실시예에 따라 제공된다. 상기 방법은 상기 유량계로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하는 단계, 상기 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 사용하여 상기 가스 유동 물질의 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 결정하는 단계, 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상과 비교하는 단계, 및 상기 비교 단계로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계를 포함한다.

[0015] 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법이 본원발명의 일 실시예에 따라 제공된다. 상기 방법은 상기 유량계로부터 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 수신하는 단계, 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하는 단계, 상기 제1 센서 신호 및 상기 90도 위상 편이를 사용하여 주파수 응답을 계산하는 단계, 상기 주파수 응답을 사용하여 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하는 단계, 및 상기 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계를 포함한다.

[0016] 계측 전자장치의 일 측면에서, 상기 처리 시스템은 가스 유동 분율을 결정하도록 추가로 구성된다.

[0017] 계측 전자장치의 다른 측면에서, 상기 처리 시스템은 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하고, 상기 90도 위상 편이와 상기 제1 센서 신호를 사용하여 주파수 응답을 계산하고, 상기 주파수 응답을 사용하여 실

질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 결정하도록 추가로 구성된다.

[0018] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 처리 시스템은, 제곱된 주파수 응답을 생성하도록 상기 주파수 응답을 제곱하고 상기 유동 스트림 밀도를 생성하도록 상기 제곱된 주파수 응답을 역으로 함으로써 상기 유동 스트림 밀도를 결정하도록 추가로 구성된다.

[0019] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 처리 시스템은 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하고, 상기 90도 위상 편이와 상기 제1 센서 신호를 사용하여 주파수 응답을 계산하고, 제곱된 주파수 응답을 생성하기 위하여 상기 주파수 응답을 제곱하고, 상기 가스 유동 물질의 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 생성하기 위하여 상기 제곱된 주파수 응답을 역으로 하도록 추가로 구성된다.

[0020] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 처리 시스템은 상기 액체 유동 분율을 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값과 비교하고, 상기 액체 유동 분율이 상기 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값을 초과하면 경보 상태를 설정하도록 추가로 구성된다.

[0021] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 처리 시스템은, 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호로부터 상기 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도를 결정하고, 상기 유동 스트림 밀도를 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상과 비교하며, 상기 비교로부터 액체 유동 분율을 결정하도록 추가로 구성된다.

[0022] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 비교는, 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상 및 구동 이득(drive gain)과 비교하는 것을 추가로 포함한다.

[0023] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 액체 유동 분율의 결정이 구동 이득 및 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정하는 것을 추가로 포함한다.

[0024] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 유량계가 코리올리 유량계를 포함한다.

[0025] 계측 전자장치의 또 다른 측면에서, 상기 유량계가 진동 농도계(vibrating densitometer)를 포함한다.

[0026] 액체 유동 분율 결정 방법의 일 측면에서, 상기 방법은 가스 유동 분율을 측정하는 단계를 더 포함한다.

[0027] 액체 유동 분율 결정 방법의 다른 측면에서, 상기 방법은 상기 제1 센서 신호로부터 90도 위상 편이를 생성하는 단계, 상기 제1 센서 신호 및 90도 위상 편이를 사용하여 주파수 응답을 계산하는 단계, 및 상기 주파수 응답으로부터 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0028] 액체 유동 분율 결정 방법의 또 다른 측면에서, 상기 방법은 제곱된 주파수 응답을 생성하도록 상기 주파수 응답을 제곱하는 단계, 및 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 생성하기 위하여 상기 제곱된 주파수 응답을 역으로 하는 단계를 포함한다.

[0029] 액체 유동 분율 결정 방법의 또 다른 측면에서, 상기 방법은 상기 액체 유동 분율을 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값과 비교하는 단계, 및 상기 액체 유동 분율이 상기 미리 결정된 액체 유동 분율 한계 값을 초과하면 경보 상태를 설정하는 단계를 더 포함한다.

[0030] 액체 유동 분율 결정 방법의 또 다른 측면에서, 상기 액체 유동 분율을 결정하는 단계가, 상기 유동 스트림 밀도를 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상과 비교하는 단계, 및 상기 비교 단계로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0031] 액체 유동 분율 결정 방법의 또 다른 측면에서, 상기 액체 유동 분율을 결정하는 단계가 상기 유동 스트림 밀도 및 구동 이득으로부터 액체 유동 분율을 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0032] 액체 유동 분율 결정 방법의 또 다른 측면에서, 상기 비교 단계가, 상기 실질적으로 순간적인 유동 스트림 밀도를 상기 가스 유동 물질 내의 가스를 나타내는 미리 결정된 가스 밀도와 가스 유동 물질 내의 액체를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도 중 하나 이상 및 구동 이득과 비교하는 단계를 더 포함한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0033] 도 1-17 및 및 이하의 설명은 본원발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본원발명의 최상의

모드를 사용하고 제작하는 방법에 대하여 설명하기 위한 구체적인 실시예를 설명한다. 본원발명의 원리를 설명하기 위하여, 몇몇의 통상적인 측면은 간략하게 설명되거나 생략되었다. 본원발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 이러한 실시예의 수정이 본원발명의 기술분야에 속한다는 것을 알 수 있다. 본원발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 이하에 설명된 특징들이 다양한 방식으로 결합하여 본원발명의 다양한 수정을 형성하게 된다는 것을 알 수 있다. 결과적으로, 본원발명은 이하에 기술된 특정 실시예에 의하여 제한되지 않으며, 단지 청구범위 및 그 균등물에 의해서만 제한된다.

[0034] 도 1은 유량계 조립체(10) 및 계측 전자장치(20)를 포함하는 코리올리 유량계(5)를 도시한다. 유량계 조립체(10)는 프로세스 물질의 밀도 및 질량 유속에 응답한다. 계측 전자장치(20)는 리드(lead; 100)를 통해 유량계 조립체(10)에 연결되어 경로(26)로 밀도, 질량 유속(mass flow rate), 및 온도에 관한 정보를 제공할 뿐만 아니라 본원발명과 관련없는 기타의 정보도 제공한다. 비록 본원발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본원발명이 코리올리 질량 유량계에 의해 제공되는 추가적인 측정 능력이 없이도 진동의 관 농도계(densitometer)로서 실시될 수 있다는 것이 자명하기는 하지만, 코리올리 유량계 구조체에 관해 기술한다.

[0035] 유량계 조립체(10)는 한 쌍의 매니폴드(150, 150'), 플랜지 넥(flange neck)을 갖는 플랜지(103, 103'), 한 쌍의 평행한 유동관(130, 130'), 드라이버 메커니즘(180), 온도 센서(190), 및 한 쌍의 속도 센서(170L, 170R)를 포함한다. 유동관(130, 130')은 두 개의 실질적으로 곧은 유입구 다리(131, 131') 및 배출구 다리(134, 134')를 갖는데, 이는 유동관 장착 블록(120, 120')에서 서로를 향해 모인다. 유동관(130, 130')은 그 길이를 따라 두 개의 대칭 지점에서 굽혀지며 그 길이에 걸쳐 실질적으로 평행하다. 브레이스 바(brace bar; 140, 140')는 축(W, W')을 형성하는데 사용되며, 이 축 주위로 각각의 유동관이 진동한다.

[0036] 유동관(130, 130')의 측면 다리(131, 131') 및 (134, 134')는 유동관 장착 블록(120, 120')에 고정적으로 부착되며, 이들 블록은, 계속해서, 매니폴드(150, 150')에 고정적으로 부착된다. 이는 코리올리 유량계 조립체(10)를 통하는 연속적인 밀폐 물질 경로를 제공한다.

[0037] 구멍(102, 102')을 갖는 플랜지(103, 103')가 유입 단부(104) 및 배출 단부(104')를 통해 측정되는 프로세스 물질을 운반하는 프로세스 라인(도시되지 않음)에 연결되면, 물질은 플랜지(103)의 오리피스(101)를 통해 유량계의 단부(104)로 유입되어 매니폴드(150)를 통해 표면(121)을 갖는 유동관 장착 블록(120)으로 안내된다. 매니폴드(150) 내에서 물질은 분리되어 유동관(130, 130')을 통해 전달된다. 유동관(130, 130')을 빠져나온 후, 프로세스 물질은 매니폴드(150')에서 단일한 스트림으로 재결합되고, 이후 볼트 구멍(102')을 갖는 플랜지(103')에 의하여 프로세스 라인(도시되지 않음)에 연결된 배출 단부(104')로 전달된다.

[0038] 유동관(130, 130')은 각각, 굽힘축(W--W 및 W'--W')에 대해 실질적으로 동일한 질량 분포, 관성 모멘트, 및 영률(Young's modulus)을 갖도록, 유동관 장착 블록(120, 120')에 대해 선택되어 적절하게 장착된다. 이러한 굽힘축은 브레이스 바(140, 140')를 통해 지나간다. 유동관의 영률이 온도에 따라 변하므로, 또한 이러한 변화가 밀도 및 유동의 계산에 영향을 미치므로, 저항성 온도 검측기(resistive temperature detector; RTD)(190)가 유동관(130')에 장착되어 유동관의 온도를 계속 측정한다. 유동관의 온도 및 주어진 통과 전류에 대해 RTD 에 걸쳐 나타나는 전압은 유동관을 통과하는 물질의 온도에 의해 지배된다. RTD에 걸쳐 나타나는 온도 종속성 전압은 계측 전자장치(20)에서 공지의 방법으로 사용되어 유동관의 임의의 온도 변화로 기인하는 유동관(130, 130')의 탄성계수의 변화를 보상한다. RTD 는 리드(195)에 의하여 계측 전자장치(20)에 연결된다.

[0039] 양 유동관(130, 130')은 드라이버(180)에 의하여 그 각각의 굽힘축(W 및 W')에 대하여 반대 방향으로 소위 유량계의 제1 이상(out-of-phase) 굽힘 모드에서 구동된다. 드라이버 메커니즘(180)은 유동관(130')에 장착되는 자석 및 유동관(130)에 장착되는 대향 코일과 같은 많은 공지의 장치 중 하나를 포함할 수 있으며, 양 도관을 진동시키기 위하여 교류가 이를 통과한다. 계측 전자장치(20)에 의하여 적당한 구동신호가 리드(185)를 통해 드라이버 메커니즘(180)으로 인가된다.

[0040] 계측 전자장치(20)는 리드(195) 상에서 RTD 신호를 수신하며, 각각 리드(165L, 165R) 상에 나타나는 좌우 속도 신호를 수신한다. 계측 전자장치(20)는 리드(185) 상에 나타나는 구동 신호를 생성하여 부재(180)를 구동시키고 유동관(130, 130')을 진동시킨다. 계측 전자장치(20)는 유량계 조립체(10)를 통과하는 물질의 밀도 및 질량 유속을 계산하기 위하여 RTD 신호와 좌우 속도 신호를 처리한다. 이러한 정보는 다른 정보와 함께 계측 전자장치(20)에 의하여 경로(26)를 통해 이용 수단(29)에 적용된다.

[0041] 도 2는 본원발명의 일 실시예에 따른 계측 전자장치(20)를 도시한다. 계측 전자장치(20)는 인터페이스(201) 및 처리 시스템(203)을 포함할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 픽오프/속도 센서 신호와 같이 유량계 조립체(10)로

부터의 제1 및 제2 센서 신호를 수신한다. 계측 전자장치(20)는 코리올리 유량계로서의 작동을 포함하여, 농도계로서 작동하거나 질량 유량계로서 작동할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 유량계 조립체(10)를 통과하여 유동하는 유동 물질의 유동 특성을 얻기 위하여 제1 및 제2 센서 신호를 처리한다. 예를 들어, 계측 전자장치(20)는 센서 신호로부터 위상차, 주파수, 시간차(Δt), 밀도, 질량 유속, 용적 유속 중 하나 이상을 결정할 수 있다. 또한, 다른 유동 특성도 본원발명에 따라 결정될 수 있다. 이러한 결정에 대해서는 이하에서 기술된다.

[0042] 위상차 결정 및 주파수 결정은 종래 기술에서의 그러한 결정보다 더 빠르고 정확하며 신뢰성이 있다. 일 실시예에서, 위상차 결정 및 주파수 결정은, 주파수 기준 신호에 대한 필요성 없이, 단 하나의 센서 신호의 위상 편이(phase shift)로부터 직접적으로 유도된다. 이는 유동 특성을 계산하기 위해 요구되는 처리 시간을 유리하게 감소시킨다. 다른 실시예에서, 주파수는 단지 하나의 위상 편이 신호로부터 유도되는 반면, 위상차는 양 센서 신호의 위상 편이로부터 유도된다. 이는 양 유동 특성의 정확성을 증가시키며, 이들 모두는 종래기술에서보다 더욱 빠르게 결정될 수 있다.

[0043] 종래 기술의 주파수 결정 방법은 실행하는 데 있어 통상적으로 1~2 초가 소요된다. 대조적으로, 본원발명에 따른 주파수 결정은 50 밀리 세컨드(ms) 정도의 적은 시간에 실행될 수 있다. 처리 시스템의 유형 및 구성, 진동 응답의 샘플링 율(sampling rate), 필터 크기, 데시메이션 비율(decimation rate) 등등에 따라 더욱 빠른 주파수 결정도 가능하다. 50 ms의 주파수 결정 속도에서 본원발명에 따른 계측 전자장치(20)는 종래 기술보다 약 40배 빠를 수 있다.

[0044] 인터페이스(201)는 도 1의 리드(100)를 통해서 속도 센서(170L, 170R) 중 하나로부터 센서 신호를 수신한다. 인터페이스(201)는 포매팅(formatting), 증폭(amplification), 버퍼링(buffering) 등의 방식과 같이, 필요하거나 요구되는 신호 조정(signal conditioning)을 수행할 수 있다. 대안적으로, 신호 조정 중 일부 또는 전부는 처리 시스템(203)에서 실행될 수 있다.

[0045] 또한, 인터페이스(201)는 계측 전자장치(20)와 외부 장치 사이의 통신을 가능하게 할 수 있다. 인터페이스(201)는 전자, 광학, 또는 무선 통신의 어떠한 방식도 가능할 수 있다.

[0046] 일 실시예에서 인터페이스(201)는 디지타이저(digitizer; 202)와 연결되며, 여기서 센서 신호는 아날로그 센서 신호를 포함한다. 디지타이저(202)는 아날로그 센서 신호를 표본추출하고 디지털화하여 디지털 센서 신호를 생성한다. 디지타이저(202)는 또한 요구되는 어떠한 데시메이션도 실행할 수 있으며, 여기서 디지털 센서 신호는 요구되는 신호 처리의 양을 줄이고 처리 시간을 줄이기 위하여 데시메이트(decimate)된다. 데시메이션은 이하에서 보다 자세히 설명된다.

[0047] 처리 시스템(203)은 계측 전자장치(20)의 가동을 수행하며 유량계 조립체(10)로부터 유동 측정치를 처리한다. 처리 시스템(203)은 하나 이상의 처리 과정(processing routine)을 실행하며 이로써 하나 이상의 유동 특성을 생성하기 위하여 유동 측정치를 처리한다.

[0048] 처리 시스템(203)은 일반적 용도의 컴퓨터, 마이크로 프로세스 시스템, 논리 회로, 또는 기타의 일반 용도나 주문형 처리 장치를 포함할 수 있다. 처리 시스템(203)은 다수의 처리 장치 사이에 분배될 수 있다. 처리 시스템(202)은 저장 시스템(204)과 같이, 어떠한 형태의 일체형 또는 독립형 전자 저장 매체도 포함할 수 있다.

[0049] 처리 시스템(203)은 센서 신호(210)로부터 하나 이상의 유동 특성을 결정하기 위하여 센서 신호(210)를 처리한다. 하나 이상의 유동 특성으로는 예를 들어, 유동 물질에 대한 위상차, 주파수, 시간차(Δt), 질량 유속, 및/또는 밀도가 있다.

[0050] 도시된 실시예에서, 처리 시스템(203)은 하나의 센서 신호 위상 편이(213) 및 두 개의 센서 신호(210, 211)로부터 유동 특성을 결정한다. 처리 시스템(203)은 하나의 위상 편이(213) 및 두 개의 센서 신호(210, 211)로부터 적어도 위상 차 및 주파수를 결정할 수 있다. 결과적으로, (상류 및 하류 픽오프 신호 중 하나와 같은) 제1 또는 제2 위상 편이된 센서 신호가 본원발명에 따라 처리 시스템(203)에 의하여 처리되어 유동 물질에 대한 위상차, 주파수, 시간차(Δt), 및/또는 질량 유속을 결정할 수 있다.

[0051] 저장 시스템(204)은 유량계 파라미터 및 데이터, 소프트웨어 루틴(software routines), 상수 값, 및 변수 값을 저장할 수 있다. 일 실시예에서, 저장 시스템(204)은 처리 시스템(203)에 의하여 실행되는 처리 과정을 포함한다. 저장 시스템(204)은 일 실시예에서 위상 편이 루틴(212), 위상차 루틴(215), 주파수 루틴(216), 시간차(Δt) 루틴(217), 및 유동 특성 루틴(218)을 저장한다.

[0052] 일 실시예에서, 저장 시스템(204)은 코리올리 유량계(5)와 같은 유량계를 작동시키기 위해 사용되는 변수들을

저장한다. 저장 시스템(204)은 일 실시예에서 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211)와 같은 변수들을 저장하는데, 이는 속도/픽오프 센서(170L, 170R)로부터 수신된다. 또한, 저장 시스템(204)은 유동 특성을 결정하기 위해 생성되는 90도 위상 편이(213)를 저장할 수 있다.

[0053] 일 실시예에서, 저장 시스템(204)은 유동 측정으로부터 얻어지는 하나 이상의 유동 특성을 저장한다. 저장 시스템(204)은 일 실시예에서 위상차(220), 주파수(221), 시간차(Δt)(222), 질량 유속(223), 밀도(224), 및 용적 유속(225)과 같은 유동 특성을 저장하며, 이들은 모두 센서 신호(210)로부터 결정된다.

[0054] 위상 편이 루틴(212)은 입력 신호에 대하여, 즉 센서 신호(210)에 대하여 90도 위상 편이를 실행한다. 위상 편이 루틴(212)은 일 실시예에서, 힐버트 변환(Hilbert transform)(이하에서 설명됨)을 실행한다.

[0055] 위상차 루틴(215)은 하나의 90도 위상 편이(213)를 사용하여 위상차를 결정한다. 위상차를 결정하기 위하여 추가적인 정보가 사용될 수도 있다. 일 실시예에서 위상차는 제1 센서 신호(210), 제2 센서 신호(211), 및 90도 위상 편이(213)로부터 계산될 수 있다. 결정된 위상차는 저장 시스템(204)의 위상차(220)에 저장될 수 있다. 위상차는, 90도 위상 편이(213)로부터 결정될 때, 종래 기술에서보다 더욱 빠르게 계산되어 얻어질 수 있다. 이는 높은 유량 속도를 갖는 유량계 장치 또는 다중 위상 유동이 발생하는 경우에 있어 중요한 차이를 제공할 수 있다. 또한, 위상차는 센서 신호(210) 또는 센서 신호(211) 중 하나의 주파수와 무관하게 결정될 수 있다. 더욱이, 위상차가 주파수와 무관하게 결정되기 때문에, 위상차의 에러 성분은 주파수 결정의 에러 성분을 포함하지 않는다. 즉, 위상차 측정에는 복합된 에러가 없다. 결과적으로, 위상차 에러는 종래 기술의 위상차에 비해 감소된다.

[0056] 주파수 루틴(216)은 90도 위상 편이(213)로부터 (제1 센서 신호(210) 또는 제2 위상 신호(211)에 의해 나타내지는 것과 같은) 주파수를 결정한다. 결정된 주파수는 저장 시스템(204)의 주파수(221) 내에 저장될 수 있다. 주파수는, 90도 위상 편이(213)로부터 결정될 때, 종래 기술에서보다 더욱 빠르게 계산되어 얻어질 수 있다. 이는 높은 유량 속도를 갖는 유량계 장치 또는 다중 위상 유동이 발생하는 경우에 있어 중요한 차이를 제공할 수 있다.

[0057] 시간차(Δt) 루틴(217)은 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211) 사이의 시간차(Δt)를 결정한다. 시간차(Δt)는 저장 시스템(204)의 시간차(Δt)(222)에 저장될 수 있다. 시간차(Δt)는 결정된 주파수에 의해 나눠진 결정된 위상을 실질적으로 포함하며, 따라서 질량 유속을 결정하기 위해 사용된다.

[0058] 유동 특성 루틴(218)은 하나 이상의 유동 특성을 결정할 수 있다. 유동 특성 루틴(218)은 이러한 추가적인 유동 특성을 얻기 위하여, 예를 들어, 결정된 주파수(221) 및 결정된 위상차(220)를 사용할 수 있다. 이러한 결정을 위하여, 예를 들어 질량 유속이나 밀도와 같은 추가적인 정보가 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 유동 특성 루틴(218)은 시간차(Δt)(222)로부터, 따라서 위상차(220) 및 주파수(221)로부터 질량 유속을 결정할 수 있다. 질량 유속을 결정하기 위한 공식은, 본 명세서에 참조로서 병합되는 티트로(Titlow) 등의 미국 특허번호 5,027,662호에 개시되어 있다. 질량 유속은 유량계 조립체(10)의 유동 물질의 질량 유동과 관련된다. 마찬가지로, 유동 특성 루틴(218)은 밀도(224) 및/또는 용적 유속(225)도 결정할 수 있다. 결정된 질량 유속, 밀도, 및 용적 유속은 저장 시스템(204)의 질량 유속(223), 밀도(224), 및 용적 유속(225)에 각각 저장될 수 있다. 또한, 유동 특성은 계측 전자장치(20)에 의하여 외부 장치로 전달될 수 있다.

[0059] 도 3은 본원발명의 실시예에 따른 유량계의 센서 신호를 처리하는 방법의 순서도(300)이다. 단계(301)에서, 제1 및 제2 센서 신호가 수신된다. 제1 센서 신호는 상류 또는 하류 픽오프 센서 신호를 포함할 수 있다.

[0060] 단계(302)에서, 센서 신호는 조정될 수 있다. 일 실시예에서, 이러한 조정은 의도치 않은 신호 및 노이즈를 제거하기 위한 필터링을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 필터링은 유량계의 예상된 기본 주파수 부근에 센터링된 대역 통과 필터링(band-pass filtering)을 포함할 수 있다. 또한, 증폭이나 버퍼링 등과 같은 다른 조정 작업이 실행될 수도 있다. 센서 신호가 아날로그 신호를 포함하면, 상기 단계는 디지털 센서 신호를 생성하기 위해 실행되는 샘플링, 디지털화(digitization), 및 데시메이션의 방법을 더 포함할 수도 있다.

[0061] 단계(303)에서, 단일의 90도 위상 편이가 생성된다. 90도 위상 편이는 센서 신호의 90도 위상 편이를 포함한다. 90도 위상 편이는 어떠한 방식의 위상 편이 메커니즘이나 작동에 의해서도 실행될 수 있다. 일 실시예에서, 90도 위상 편이는 디지털 센서 신호에 대해 작동하는 힐버트 변환을 사용하여 실행된다.

[0062] 단계(304)에서, 위상차가 단일의 90도 위상 편이를 사용하여 계산된다. 위상차를 계산하기 위하여 추가 정보가 사용될 수도 있다. 일 실시예에서, 위상차가 제1 센서 신호, 제2 센서 신호, 및 단일의 90도 위상 편이로부터 결정된다. 위상차는 응답 신호, 즉 픽오프 신호에 있는 위상차를 포함하는데, 이는 진동하는 유량계 조립체

(10)에서의 코리올리 효과에 기인하여 나타난다.

[0063] 최종 위상차는 계산에 어떠한 주파수 값을 필요로 하지 않고 결정된다. 최종 위상차는 주파수를 사용하여 계산되는 위상차보다 더 빠르게 얻어질 수 있다. 최종 위상차는 주파수를 사용하여 계산된 위상차보다 더 큰 정확성을 갖는다.

[0064] 단계(305)에서, 주파수가 계산된다. 본원발명에 따른 주파수는 90도 위상 편이로부터 바람직하게 계산된다. 일 실시예에서 주파수는 90도 위상 편이 및 90도 위상 편이가 유도되는 해당 센서 신호를 사용한다. 주파수는 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호 중 하나의 진동 응답 주파수이다(이러한 두 센서의 주파수는 작동에 있어서 실질적으로 동일하다). 주파수는 드라이버(180)에 의해 생성된 진동에 대한 유동관 또는 유동관들의 진동 주파수 응답을 포함한다.

[0065] 이렇게 유도되는 주파수는 어떠한 독립적인 주파수 기준 신호에 대한 필요 없이 얻어진다. 주파수는 종래 기술에서보다 더 빠른 작동에서 단일의 90도 위상 편이로부터 얻어진다. 최종 주파수는 종래기술에서 계산된 주파수보다 더 큰 정확성을 갖는다.

[0066] 단계(306)에서, 유동 물질의 질량 유속이 계산된다. 질량 유속은 단계(304) 및 단계(305)에서 계산된 최종 주파수 및 최종 위상차로부터 계산된다. 또한, 질량 유속 계산은 주파수 및 위상차로부터 시간차(Δt)를 계산할 수 있으며, 시간차(Δt)는 최종적으로 질량 유속을 계산하는데 사용된다.

[0067] 단계(307)에서, 밀도가 선택적으로 결정될 수 있다. 밀도는 유동 특성의 하나로서 결정될 수 있으며, 예를 들어 주파수로부터 결정될 수 있다.

[0068] 단계(308)에서, 용적 유속이 선택적으로 결정될 수 있다. 용적 유속은 유동 특성의 하나로서 결정될 수 있으며, 예를 들어 질량 유속 및 밀도로부터 결정될 수 있다.

[0069] 도 4는 본원발명의 일 실시예에 따른 계측 전자장치(20)를 도시한다. 도 2와 공통되는 부재는 동일한 도면부호가 사용되었다.

[0070] 이 실시예의 계측 전자장치(20)는 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211)를 포함한다. 처리 시스템(203)은 이러한 신호들로부터 하나 이상의 유동 특성을 결정하기 위하여 제1 및 제2 (디지털) 센서 신호(210, 211)를 처리한다. 앞서 기술한 바와 같이, 하나 이상의 유동 특성은 유동 물질에 대한 위상차, 주파수, 시간차(Δt), 질량 유속, 밀도, 및/또는 용적 유속을 포함할 수 있다.

[0071] 도시된 실시예에서, 처리 시스템(203)은, 외부 주파수 측정에 대한 필요성 및 외부 주파수 기준 신호에 대한 어떠한 필요성 없이, 단지 두 개의 센서 신호(210, 211)로부터 유동 특성을 결정한다. 처리 시스템(203)은 두 개의 센서 신호(210, 211)로부터 적어도 위상차 및 주파수를 결정할 수 있다.

[0072] 전술한 바와 같이, 저장 시스템(204)은 위상 편이 루틴(212), 위상차 루틴(215), 주파수 루틴(216), 시간차(Δt) 루틴(217), 및 유동 특성 루틴(218)을 저장한다. 저장 시스템(204)은 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211)를 저장한다. 저장 시스템(204)은 또한 유동 특성을 결정하기 위하여 센서 신호들로부터 발생되는 제1 90도 위상 편이(213) 및 제2 90도 위상 편이도 저장한다. 전술한 바와 같이, 저장 시스템(204)은 위상차(220), 주파수(221), 시간차(Δt)(222), 질량 유속(223), 밀도(224), 및 용적 유속(225)을 저장한다.

[0073] 위상 편이 루틴(212)은 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211)에 대한 것을 포함하여 입력 신호에 대한 90도 위상 편이를 실행한다. 위상 편이 루틴(212)은 일 실시예에서 힐버트 변환(아래에 설명됨)을 실행한다.

[0074] 위상차 루틴(215)은 제1 90도 위상 편이(213) 및 제2 90도 위상 편이(214)를 사용하여 위상차를 결정한다. 위상차를 계산하기 위하여 추가 정보가 사용될 수도 있다. 일 실시예에서 위상차는 제1 센서 신호(210), 제2 센서 신호(211), 제1 90도 위상 편이(213), 및 제2 90도 위상 편이(214)로부터 계산된다. 결정된 위상차는, 전술한 바와 같이, 저장 시스템(204)의 위상차(220)에 저장될 수 있다. 위상차는, 제1 및 제2 90도 위상 편이를 사용하여 결정될 때, 종래기술에서보다 더 빠르게 계산되어 얻어질 수 있다. 이는 높은 유속을 갖는 유량계 장치나 다중 위상 유동이 발생하는 경우에 중요한 차이를 제공할 수 있다. 또한, 위상차는 센서 신호(210, 211)의 주파수와 무관하게 결정될 수 있다. 더욱이, 위상차는 주파수와 무관하게 결정되므로, 위상차의 에러 성분은 주파수 결정의 에러 성분의 영향을 받지 않는다. 즉, 위상차 측정에는 복합된 에러가 없다. 결과적으로, 위상차 에러는 종래기술의 위상차에 비해 줄어들게 된다.

[0075] 주파수 루틴(216)은 제1 90도 위상 편이(213) 및 제2 90도 위상 편이(214)로부터 (제1 센서 신호(210) 또는 제2

센서 신호(211)에 의해 나타내지는 것과 같은) 주파수를 결정한다. 결정된 주파수는 전술한 바와 같이 저장 시스템(204)의 주파수(221)에 저장될 수 있다. 주파수는, 제1 및 제2 90도 위상 편이로부터 결정될 때, 종래기술에서보다 더 빠르게 계산되어 얻어질 수 있다. 이는 높은 유속을 갖는 유량계 장치나 다중 위상 유동이 발생하는 경우에 중요한 차이를 제공할 수 있다.

[0076] 시간차(Δt) 루틴(217)은 제1 센서 신호(210) 및 제2 센서 신호(211) 사이의 시간차(Δt)를 결정한다. 시간차(Δt)는 전술한 바와 같이 저장 시스템(204)의 시간차(Δt)(222)에 저장될 수 있다. 시간차(Δt)는 결정된 주파수에 의해 나눠진 결정된 위상을 실질적으로 포함하며, 따라서 질량 유속을 결정하기 위해 사용된다.

[0077] 유동 특성 루틴(218)은 전술한 바와 같이, 질량 유속, 밀도, 및/또는 용적 유속 중 하나 이상을 결정할 수 있다.

[0078] 도 5는 본원발명의 실시예에 따른 유량계의 제1 및 제2 센서 신호를 처리하는 방법의 순서도(500)이다. 단계(501)에서, 제1 및 제2 센서 신호가 수신된다. 일 실시예에서, 제1 센서 신호는 상류 또는 하류 픽오프 센서 신호를 포함할 수 있다.

[0079] 단계(502)에서 제2 센서 신호가 수신된다. 일 실시예에서, 제2 센서 신호는 하류 또는 상류 픽오프 센서 신호(즉, 제1 센서 신호의 반대)를 포함할 수 있다.

[0080] 단계(503)에서, 센서 신호는 조정될 수 있다. 일 실시예에서, 이러한 조정은 의도치 않은 신호 및 노이즈를 제거하기 위한 필터링을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 필터링은 전술한 바와 같이 대역 통과 필터링을 포함할 수 있다. 또한, 증폭이나 버퍼링 등과 같은 다른 조정 작업이 실행될 수도 있다. 센서 신호가 아날로그 신호를 포함하면, 상기 단계는 디지털 센서 신호를 생성하기 위해 실행되는 샘플링, 디지털화, 및 데시메이션의 방법을 더 포함할 수도 있다.

[0081] 단계(504)에서, 제1 90도 위상 편이가 생성된다. 제1 90도 위상 편이는 제1 센서 신호의 90도 위상 편이를 포함한다. 90도 위상 편이는 어떠한 방식의 메커니즘이나 작동에 의해서도 실행될 수 있다. 일 실시예에서, 90도 위상 편이는 디지털 센서 신호에 대해 작동하는 힐버트 변환을 사용하여 실행된다.

[0082] 단계(505)에서, 제2 90도 위상 편이가 생성된다. 제2 90도 위상 편이는 제2 센서 신호의 90도 위상 편이를 포함한다. 제1 90도 위상 편이에서와 같이, 90도 위상 편이는 어떠한 방식의 메커니즘이나 작동에 의해서도 실행될 수 있다.

[0083] 단계(506)에서, 위상차가 제1 90도 위상 편이 및 제2 90도 위상 편이를 사용하여 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호 사이에서 계산된다. 위상차를 계산하기 위하여 추가 정보가 사용될 수도 있다. 일 실시예에서, 위상차가 제1 센서 신호, 제2 센서 신호, 제1 90도 위상 편이 및 제2 90도 위상 편이로부터 결정된다. 위상차는 응답 신호, 즉 픽오프 신호에 있는 위상차를 포함하는데, 이는 진동하는 유량계 조립체(10)에서의 코리올리 효과에 기인하여 나타난다.

[0084] 최종 위상차는 계산에 어떠한 주파수 값을 필요로 하지 않고 결정된다. 최종 위상차는 주파수를 사용하여 계산되는 위상차보다 더 빠르게 얻어질 수 있다. 최종 위상차는 주파수를 사용하여 계산된 위상차보다 더 큰 정확성을 갖는다.

[0085] 단계(507)에서, 주파수가 계산된다. 본원발명에 따른 주파수는 제1 90도 위상 편이 및 제2 90도 위상 편이로부터 바람직하게 계산된다. 일 실시예에서 주파수는 90도 위상 편이 및 90도 위상 편이가 유도되는 해당 센서 신호를 사용한다. 주파수는 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호 중 하나의 진동 응답 주파수이다(이러한 두 센서의 주파수는 작동에 있어서 실질적으로 동일하다). 주파수는 드라이버(180)에 의해 생성된 진동에 대한 유동관 또는 유동관들의 진동 주파수 응답을 포함한다.

[0086] 이렇게 유도되는 주파수는 어떠한 독립적인 주파수 기준 신호에 대한 필요 없이 얻어진다. 주파수는 종래 기술에서보다 더 빠른 작동에서 90도 위상 편이로부터 얻어진다. 최종 주파수는 종래기술에서 계산된 주파수보다 더 큰 정확성을 갖는다.

[0087] 단계(508)에서, 유동 물질의 질량 유속이 계산된다. 질량 유속은 단계(506) 및 단계(507) 계산된 최종 주파수 및 최종 위상차로부터 계산된다. 또한, 질량 유속 계산은 주파수 및 위상차로부터 시간차(Δt)를 계산할 수 있으며, 시간차(Δt)는 최종적으로 질량 유속을 계산하는데 사용된다.

[0088] 단계(509)에서, 전술한 바와 같이 밀도가 선택적으로 결정될 수 있다.

[0089] 단계(510)에서, 전술한 바와 같이 용적 유속이 선택적으로 결정될 수 있다.

[0090] 도 6은 본원발명의 일 실시예에 따른 처리 시스템(203)의 일부에 대한 블록 다이어그램(600)을 도시한다. 도면에서, 블록들은 처리 회로나 처리 작동/루틴을 나타낸다. 블록 다이어그램(600)은 스테이지 1 필터 블록(stage 1 filter block; 601), 스테이지 2 필터 블록(stage 2 filter block; 602), 힐버트 변환 블록(603), 및 분석 블록(604)을 포함한다. LPO 및 RPO 입력은 좌측 픽오프 신호 입력 및 우측 픽오프 신호 입력을 포함한다. LPO 나 RPO 중 하나는 제1 센서 신호를 포함할 수 있다.

[0091] 일 실시예에서, 스테이지 1 필터 블록(601) 및 스테이지 2 필터 블록(602)은 처리 시스템(203)에서 실행되는 디지털 유한 임펄스 응답(Finite Impulse Response; FIR) 다상 데시메이션 필터(polyphase decimation filter)를 포함한다. 이러한 필터는 센서 신호 중 하나 또는 둘 모두에 대한 데시메이팅 및 필터링을 위한 최적의 방법을 제공하며, 이러한 필터링 및 데시메이팅은 시간 순서에서 동일한 데시메이션 비율로 실행된다. 대안적으로 스테이지 1 필터 블록(601) 및 스테이지 2 필터 블록(602)은 무한 임펄스 응답(Infinite Impulse Response; IIR) 필터 또는 기타 적당한 디지털 필터나 필터 프로세스를 포함할 수 있다. 그러나 다른 필터링 프로세스 및/또는 필터링 실시가 고려될 수 있고 이는 본 명세서 및 청구범위 내에 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0092] 도 7은 본원발명의 일 실시예에 따른 힐버트 변환 블록(603)을 상세히 도시한다. 도시된 실시예에서, 힐버트 변환 블록(603)은 LPO 분기(700) 및 RPO 분기(710)를 포함한다. LPO 분기(700)는 LPO 필터 블록(702)과 평행하게 LPO 지연 블록(701)을 포함한다. 마찬가지로, RPO 분기는 RPO 필터 블록(712)과 평행하게 RPO 지연 블록(711)을 포함한다. LPO 지연 블록(701) 및 RPO 지연 블록(711)은 샘플링 지연(sampling delay)을 도입한다. 따라서 LPO 지연 블록(701) 및 RPO 지연 블록(711)은 LPO 필터 블록(702) 및 RPO 필터 블록(712)에 의해 필터링되는 LPO 및 RPO 디지털 신호 샘플보다 시간에 있어 뒤에 있는 LPO 및 RPO 디지털 신호 샘플을 선택한다. LPO 필터 블록(702) 및 RPO 필터 블록(712)은 입력된 디지털 신호 샘플에 대해 90도 위상 편이를 실행한다.

[0093] 힐버트 변환 블록(603)은 위상 측정의 제공에 대한 제1 단계이다. 힐버트 변환 블록(603)은 필터링되고 데시메이팅된 LPO 및 RPO 신호를 수신하여 힐버트 변환을 실행한다. 힐버트 변환은 LPO 및 RPO 신호의 90도 위상-편이된 버전을 생성한다. 즉 힐버트 변환은 원래의 동상(in-phase)(I) 신호 성분의 이상(quadrature)(Q) 성분을 생성한다. 따라서 힐버트 변환 블록(603)의 출력은, 원래의 동상(I) 신호 성분 LOP I 및 RPO I와 함께, 새로운 이상(Q) 성분 LPO Q 및 RPO Q를 제공한다.

[0094] 힐버트 변환 블록(603)에 대한 입력은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$LPO = A_{lpo}\cos(\omega t) \tag{2}$$

$$RPO = A_{rpo}\cos(\omega t + \phi) \tag{3}$$

[0095]

[0096] 힐버트 변환을 사용하면 출력은 다음과 같이 된다:

$$LPO_{hilbert} = A_{lpo}\sin(\omega t) \tag{4}$$

$$RPO_{hilbert} = A_{rpo}\sin(\omega t + \phi)] \tag{5}$$

[0097]

[0098] 원래의 항을 힐버트 변환의 출력과 결합하면 다음과 같다:

$$LPO = A_{lpo}[\cos(\omega t) + i\sin(\omega t)] = A_{lpo}e^{j(\omega t)} \tag{6}$$

$$RPO = A_{rpo}[\cos(\omega t + \phi) + i\sin(\omega t + \phi)] = A_{rpo}e^{j(\omega t + \phi)} \tag{7}$$

[0099]

[0100] 도 8 및 9는 본원발명의 일 실시예에 따른 분석 블록(604)의 두 개의 독립된 분기부에 대한 블록 다이어그램이다. 분석 블록(604)은 주파수, 차등 위상, 및 델타 T(Δt) 측정의 마지막 단계이다. 도 8은 동상(I) 및 이상(Q) 성분으로부터 위상차를 결정하는 제1 분기를 포함하는 위상 부분(604a)이다. 도 9는 단일 센서 신호의 동상(I) 및 이상(Q) 성분으로부터 주파수를 결정하는 주파수 부분(604b)이다. 단일 센서 신호는 도시된 바와 같이 LPO 신호를 포함할 수 있거나, 대안적으로 RPO 신호를 포함할 수 있다.

[0101] 도 8의 실시예에서, 분석 블록(604)의 위상 부분(604a)은 합 블록(join block; 801a, 801b), 켤레 블록(conjugate block; 802), 복소수 곱셈 블록(complex multiplication block; 803), 필터 블록(804), 및 위상 각

블록(phase angle block; 805)을 포함한다.

[0102] 합 블록(801a, 801b)은 센서 신호의 동상(I) 및 이상(Q) 성분 모두를 수신하여 전달한다. 켤레 블록(802)은 센서 신호(여기서는 LPO 신호)에 대한 켤레 복소수를 실행하여 음의 허수 신호(imaginary signal)를 형성한다. 복소수 곱셈 블록(803)은 아래의 식(8)을 실행하여 RPO 신호와 LPO 신호를 곱한다. 필터 블록(804)은 상술한 FIR 필터와 같은 디지털 필터를 실행한다. 필터 블록(804)은 센서 신호의 동상((I) 및 이상(Q) 성분으로부터 고조파함유기(harmonic content)를 제거할 뿐만 아니라 신호를 데시메이트하기 위해 사용되는 다상 데시메이션 필터를 포함할 수 있다. 필터 계수는 예를 들어 10의 인자에 의한 데시메이션과 같이 입력된 신호의 데시메이션을 제공하도록 선택될 수 있다. 위상 각 블록(805)은 LPO 신호 및 RPO 신호의 동상(I) 및 이상(Q) 성분으로부터 위상 각을 결정한다. 위상 각 블록(805)은 아래의 식(11)을 실행한다.

[0103] 도 8에 도시된 위상 부분(604a)은 아래의 식을 실행한다:

[0104] $$\overline{LPO} \times RPO = A_{lpo} e^{-j(\omega t)} \times A_{Rpo} e^{j(\omega t+\phi)} = A_{lpo} \times A_{Rpo} e^{j(-\omega t+\omega t+\phi)} \quad (8)$$

[0105] 여기서 $\overline{LPO}$ 는 LPO의 켤레 복소수이다.

[0106] $$A_{Rpo} = A_{Lpo} = A \quad (9)$$

[0107] 라고 가정하면:

[0108] $$\overline{LPO} \times RPO = A^2 e^{j(\phi)} = A^2[\cos(\phi) + i\sin(\phi)] \quad (10)$$

[0109] 최종 차등 위상 각(differential phase angle)은:

[0110] $$\phi = \tan^{-1}\left[\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)}\right] \quad (11)$$

[0111] 도 9는 본원발명에 따른 분석 블록(604)의 주파수 부분(604b)의 블록 다이어그램이다. 주파수 부분(604b)은 좌 또는 우측 픽오프 신호(LPO 또는 RPO) 중 하나에 대해 작동할 수 있다. 도시된 실시예에서 주파수 부분(604b)은 합 블록(901), 켤레 복소수 블록(902), 샘플링 블록(903), 복소수 곱셈 블록(904), 필터 블록(905), 위상 각 블록(906), 상수 블록(907), 및 나눗셈 블록(908)을 포함한다.

[0112] 전술한 바와 같이, 합 블록(901)은 센서 신호의 동상(I) 및 이상(Q) 성분 모두를 수신하여 전달한다. 켤레 블록(902)은 센서 신호(여기서는 LPO 신호)에 대한 켤레 복소수를 실행하여 음의 허수 신호(imaginary signal)를 형성한다. 지연 블록(903)은 주파수 부분(604b)으로 샘플링 지연(sampling delay)을 도입하고, 따라서 시간순으로 오래된 디지털 신호 샘플을 선택한다. 이러한 오래된 디지털 신호 샘플은 복소수 곱셈 블록(904)에서 현재의 디지털 신호와 곱해진다. 복소수 곱셈 블록(904)은 아래의 식(12)을 실행하여 LPO 신호와 LPO 켤레 신호를 곱한다. 필터 블록(905)은 상술한 FIR 필터와 같은 디지털 필터를 실행한다. 필터 블록(905)은 센서 신호의 동상((I) 및 이상(Q) 성분으로부터 고조파함유기(harmonic content)를 제거할 뿐만 아니라 신호를 데시메이트하기 위해 사용되는 다상 데시메이션 필터를 포함할 수 있다. 필터 계수는 예를 들어 10의 인자에 의한 데시메이션과 같이 입력된 신호의 데시메이션을 제공하도록 선택될 수 있다. 위상 각 블록(906)은 LPO 신호의 동상(I) 및 이상(Q) 성분으로부터 위상 각을 결정한다. 위상 각 블록(906)은 아래의 식(13)을 실행한다. 상수 블록(907)은 식(14)에 도시된 바와 같이 2π로 나누어지는 샘플율(Fs)을 포함하는 인자를 공급한다. 나눗셈 블록(908)은 식(14)의 나눗셈 과정을 실행한다.

[0113] 주파수 부분(604b)은 아래의 식을 실행한다:

[0114] $$\overline{LPO}_{(n-1)} \times LPO_{(n)} = A_{lpo} e^{-j(\omega t_{-1})} \times A_{Lpo} e^{j(\omega t)} = A^2{}_{lpo} e^{j(\omega t-\omega t_{-1})} \quad (12)$$

[0115] 따라서 두 개의 연속적이 샘플 사이의 각도는:

[0116] $$\omega t - \omega t_{-1} = \tan^{-1}\left[\frac{\sin(\omega t - \omega t_{-1})}{\cos(\omega t - \omega t_{-1})}\right] \quad (13)$$

[0117] 이는 좌측 픽오프의 라디안 주파수이다. Hz 로 변환하면:

$$f_{lpo} = \frac{(\omega t - \omega t_{-1}) \times Fs}{2\pi} \quad (14)$$

[0118]

[0119] 여기서 "Fs"는 힐버트 변환 블록(603)의 비율이다. 전술한 실시예에서 "Fs"는 약 2 kHz 이다.

[0120] 도 10은 정상 조건에 있는 유량계의 픽오프 신호에 대한 파워 스펙트럼 밀도 그래프(power spectrum density plot)이다. 유량계의 기본 주파수는 그래프의 가장 높은 봉(spike)이며 약 135Hz 근방에 위치한다. 이 도면은 또한 주파수 스펙트럼 내에 몇 개의 다른 높은 봉도 도시한다(제1 비-기본 모드는 기본 모드 주파수의 약 1.5배 주파수에 있는 비틀림 모드(twist mode)이다). 이러한 봉은 유량계의 고조파(harmonic frequency)를 포함하며, 또한 기타의 바람직하지 않은 센서 모드(즉, 비틀림 모드, 제2 굽힘 모드 등등)를 포함할 수도 있다.

[0121] 도 11은 단일 위상 편이 실시예에 따른 대안적인 힐버트 변환 블록(603')을 도시한다. 이 실시예의 힐버트 변환 블록(603')은 LPO 분기(1100) 및 RPO 분기(1110)를 포함한다. LPO 분기(1100)는 필터 블록(702)과 평행하게 지연 블록(701)을 포함한다. 이 실시예의 RPO 분기(1110)는 단지 지연 블록(701)만을 포함한다. 앞서와 마찬가지로, 지연 블록(701)들은 샘플링 지연을 도입한다. 앞서와 마찬가지로, 필터 블록(702)은 입력된 디지털 신호 샘플에 대해 90도 위상 편이를 실행한다. 대안적으로 힐버트 변환 블록(603')이 단지 RPO 신호를 위상 편이할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0122] 이러한 처리 실시예는 주파수 및 위상차 모두를 얻기 위하여 단지 하나의 센서 신호에 대한 힐버트 변환/위상 편이를 사용한다. 이는 위상 측정을 실행하는데 필요한 계산의 수를 상당히 감소시키며, 또한 질량 유속을 얻기 위해 필요한 계산의 수를 상당히 감소시킨다.

[0123] 이러한 실시예에서, 힐버트 변환(603')의 출력은 좌측 또는 우측 센서 신호 중 하나에 대해서만 이상(Q) 성분을 제공할 뿐이다. 아래의 예에서는, LPO 신호가 위상 편이된다.

$$LPO = A_{lpo}\cos(\omega t) \quad (26)$$

$$RPO = A_{rpo}\cos(\omega t + \phi) \quad (27)$$

[0124]

[0125] 힐버트 변환을 사용하면, 출력은 다음과 같이 된다:

$$LPO_{hilbert} = A_{lpo}\sin(\omega t) \quad (28)$$

$$RPO = A_{rpo}\cos(\omega t + \phi) \quad (29)$$

[0126]

[0127] LPO 원래 항을 힐버트 변환의 출력(즉, 90도 위상 편이)과 결합하면 다음과 같으며:

$$LPO = A_{lpo}[\cos(\omega t) + i\sin(\omega t)] = A_{lpo}e^{j(\omega t)} \quad (30)$$

[0128]

[0129] RPO 는 동일하다:

$$RPO = A_{rpo}\cos(\omega t + \phi) = A_{rpo}\left[\frac{e^{j(\omega t+\phi)} + e^{-j(\omega t+\phi)}}{2}\right] \quad (31)$$

[0130]

[0131] 도 12는 단일 위상 편이 실시예에 대한 분석 블록(604a')을 도시한다. 이 실시예의 분석 블록(604a')은 하나의 합 블록(801), 복소수 곱셈 블록(803), 로패스 필터(low-pass filter) 블록(1201), 및 위상 각 블록(805)을 포함한다. 이 실시예의 분석 블록(604a')은 아래의 식을 실행한다:

$$LPO \times RPO = A_{lpo}e^{-j(\omega t)} \times A_{rpo}\left[\frac{e^{j(\omega t+\phi)} + e^{-j(\omega t+\phi)}}{2}\right] = \frac{A_{lpo} \times A_{Rpo}}{2}\left[e^{j(-\omega t+\omega t+\phi)} + e^{j(\omega t+\omega t+\phi)}\right] \quad (32)$$

[0132]

[0133] 로패스 필터 블록(1201)은 복소수 곱셈 블록(803)에 의해 생성된 고주파수 성분을 제거하는 로패스 필터를 포함한다. 로패스 필터 블록(1201)은 어떠한 방식의 로패스 필터링 작동도 실행할 수 있다. 곱셈 과정은 두 개의

항을 생성한다. (-ωt + ωt + ϕ)항은 결합되어 위상만의 ϕ항(DC 결과)으로 간략해지는데, 이는 (-ωt)항과 (ωt) 항이 서로 상쇄되기 때문이다. (ωt + ωt + ϕ)항은 2배의 주파수인 (2ωt + ϕ)항으로 간략화된다. 결과는 2 항의 합이므로, 고주파수 (2ωt + ϕ) 항은 제거될 수 있다. 여기서 관심 있는 유일한 항은 DC 항이다. 고주파수 (2ωt + ϕ) 항은 로패스 필터를 사용하여 결과로부터 필터링될 수 있다. 로패스 필터의 컷오프(cut-off)는 0과 2ω 사이의 어떠한 곳에도 위치할 수 있다.

[0134] 필터링 후의 결과는 다음과 같다:

$$LPO \times RPO = A^2 e^{j(\phi)} = \frac{A^2}{2}[\cos(\phi) + i\sin(\phi)] \qquad (33)$$

[0135]

[0136] 따라서, 차등 위상 각은 다음과 같다.

$$\phi = \tan^{-1}\left[\frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)}\right] \qquad (34)$$

[0137]

[0138] 두 개 대신에 하나의 픽오프 신호에 대해 힐버트 변환을 취함으로써, 코리올리 질량 유량계에서 위상 및 주파수 추정을 실행하기 위해 필요한 계산 부하는 바람직하게 감소된다. 따라서 위상 및 주파수는 두 개의 센서 신호를 사용하기는 하지만 단지 하나의 90도 위상 편이를 사용하여 결정될 수 있다.

[0139] 도 13은 종래 기술과 비교한 본원발명의 센서 처리를 도시하며, 여기서는 각각의 시간차(Δt) 값이 비교된다. 표는 가스 유동(즉, 예를 들어 가스 기포)을 포함하는 유동 물질을 도시한다. 이러한 조건에서, 유동 노이즈는 위상 및 주파수 계산의 속도로 인하여 새로운 알고리즘에서 실질적으로 감소된다. 본원발명에 의해 얻어진 결과는 종래 기술의 (Δt) 측정에서 반영되는 높은 마루 및 골(peak and valley)들을 나타내지 않는다는 것을 그래프로부터 알 수 있다.

[0140] 도 14는 본원발명의 일 실시예에 따른 계측 전자장치(20)를 도시한다. 전술한 바와 같이, 이 실시예의 계측 전자장치(20)는 인터페이스(201), 디지타이저(202), 처리 시스템(203), 저장 시스템(204)을 포함할 수 있다. 이 도면의 계측 전자장치(20)는 (앞서 기술된 것들과 같은) 다양한 다른 구성요소 및/또는 루틴을 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 다른 실시예의 공통되는 구성요소 및/또는 루틴들에 대해서는 동일한 도면부호를 사용한다.

[0141] 작동에 있어서, 계측 전자장치(20)는 유량계로부터 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 수신하여 처리한다. 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)는 픽오프 센서(170L, 170R)로부터의 신호와 같이, 계측 전자장치(20)에 의해 실질적으로 연속되게 수신되어 처리되는 시간-변화적(time-varying) 전자 신호를 포함한다. 계측 전자장치(20)는 주파수 응답(1411) 및 궁극적으로는 액체 유동 분율(1412)을 얻기 위하여 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 처리할 수 있다. 액체 유동 분율(1412)을 사용하면, 가스 유동 분율(1413)도 쉽게 결정될 수 있다.

[0142] 처리 시스템(203)은 인터페이스(201)로부터 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 수신하고, 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 사용하여 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도(flow stream density; 1408))를 결정하고, 유동 스트림 밀도(1408)를 가스 유동 물질의 가스 유동 분율을 나타내는 가스 밀도(1409)와 액체 유동 분율을 나타내는 액체 밀도(1410) 중 하나 이상과 비교하며, 액체 밀도(1410)와 가스 밀도(1409) 중 하나 이상과 유동 스트림 밀도(1408)로부터 액체 유동 분율(1412)을 결정하도록 구성될 수 있다. 유동 스트림 밀도(1408)는, 단일 상(single phase)이건 다상(multi-phase)이건 간에, 유동 스트림의 밀도 측정치를 포함한다. 다상 유동 물질이 존재한다면, 이러한 밀도 측정치는 구성 성분의 양 및 유형에 따라 변할 수 있다. 일부 실시예에서, 유동 스트림 밀도(1408)는 가스 밀도(1409) 및 액체 밀도(1410) 모두에 비교된다. 또한, 처리 시스템(203)은 인터페이스(201)로부터 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 수신하고, 제1 센서 신호(1405)로부터 90도 위상 편이(1407)를 생성하며, 제1 센서 신호(1405) 및 90도 위상 편이(1407)를 사용하여 주파수 응답(1411)을 계산하고, 주파수 응답(1411)을 사용하여 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도(1408)를 결정하며, 유동 스트림 밀도(1408)로부터 액체 유동 분율(1412)을 결정하도록 구성될 수 있다.

액체 유동 분율은 유동 물질 내에 있는 액체의 양을 나타낸다. 액체 유동 분율은, 예를 들어, 액체의 부피를 전체 부피로 나눈 분율(V_{liquid}/V_{total})로서 표현될 수 있거나 또는 액체의 질량을 전체 질량으로 나눈 분율(M_{liquid}/M_{total})로서 표현될 수 있다. 액체 유동 분율은 무차원(dimensionless)이며 0.0 내지 1.0 사이의 값을

가질 수 있다.

가스 유동 분율은 유동 물질 내에 있는 가스의 양을 나타낸다. 가스 유동 분율은, 예를 들어, 가스의 부피를 전체 부피로 나눈 분율(V_{gas}/V_{total})로서 표현될 수 있거나 또는 가스의 질량을 전체 질량으로 나눈 분율(M_{gas}/M_{total})로서 표현될 수 있다. 가스 유동 분율은 무차원(dimensionless)이며 0.0 내지 1.0 사이의 값을 가질 수 있다.

[0143] 액체 유동 분율 및 가스 유동 분율에 추가하여, 계측 전자장치(20)는 하나 이상의 다른 유동 특성을 얻기 위하여 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 처리할 수 있다. 하나 이상의 다른 유동 특성으로는, 예를 들어 센서 신호 사이의 위상차 또는 시간 지연, 질량 유속, 용적 유속 등을 들 수 있다. 기타의 유동 특성들이 고려될 수 있으며, 이는 본 명세서와 청구범위의 발명 사상의 범위 내에 있다.

[0144] 가스 유동 물질은 어떠한 가스나 가스 혼합물도 포함할 수 있다. 가스 유동 물질의 한가지 유형은 정(well)으로부터 얻은 가스를 포함한다. 예를 들어, 가스 유동 물질은 천연가스를 포함할 수 있다. 그러나 다른 가스나 가스 혼합물도 고려될 수 있으며, 이는 본 명세서와 청구범위의 발명 사상의 범위 내에 있다.

[0145] 액체 유동 분율은 가스 유동 물질 내에 부유되는 어떠한 액체도 포함할 수 있다. 액체 유동 분율은 액체 스트림, 액체 증기(liquid vapor), 액체 방울(liquid drop)을 포함할 수 있다. 예를 들어 액체는 천연 가스 유동 내의 물을 포함할 수 있다. 대안적으로 액체는, 건조 과정으로부터 넘겨진 글리콜과 같은, 천연가스 유동 내의 글리콜을 포함할 있다. 다른 대안으로서, 액체는, 펌프, 조정기(regulator), 또는 다른 유동 취급 메커니즘에 의해 가스 유동 물질로 도입된 기름과 같이, 가스 유동 물질 내에 기름을 포함할 수 있다. 그러나 다른 액체나 액체 결합물(liquid combination)도 고려될 수 있으며, 이는 본 명세서와 청구범위의 발명 사상의 범위 내에 있다.

[0146] 이 실시예의 계측 전자장치(20)는 처리 루틴을 저장하고 실행할 수 있다. 이 실시예의 처리 루틴은 밀도 루틴(1403), 액체 유동 분율 루틴(1404), 위상 편이 루틴(1402), 및 주파수 응답 루틴(1401)을 포함한다. 처리 시스템(203)이 앞서 기술된 것과 같은 다른 루틴을 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0147] 계측 전자장치(20)는 변수 및 작동 값을 포함할 수 있다. 이 실시예의 변수 및 작동 값은 제1 센서 신호(1405), 제2 센서 신호(1406), 90도 위상 편이(1407), 유동 스트림 밀도(1408), 가스 밀도(1409), 액체 밀도(1410), 주파수 응답(1411), 액체 유동 분율(1412), 및 선택적인 가스 유동 분율(1413)을 포함한다. 처리 시스템(203)은 앞서 기술된 변수들과 같은 다른 변수를 생성하거나 이에 대해 작동할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0148] 유량계 조립체(10)의 주파수는 액체 유동 분율이 유량계 조립체(10)를 통과할 때 변화된다. 순수 가스 유동과 대조적으로, 액체 유동 분율이 증가할수록 주파수는 감소된다. 이는 액체 유동 분율이 존재하는 경우에 증가하는 밀도에 기인한다. 따라서 유동 스트림 밀도는 액체 유동 분율을 결정하는데 사용될 수 있다.

[0149] 주파수 응답 루틴(1401)은 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)를 수신한다. 전술한 바와 같이, 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)는 유량계 조립체(10)에 가해지는 드라이브 진동에 대한 하나 이상의 유동관의 응답을 반영한다. 주파수 응답 루틴(1401)은 주파수 응답(1411)을 계산하기 위하여 최소한 제1 센서 신호(1405)를 처리한다. 전술한 바와 같이, 제1 센서 신호(1405)는 어느 한쪽의 픽오프 센서로부터 수신한 전자 신호를 포함한다. 주파수 응답(1411)은 본질적으로 유량계를 통과하는 가스 유동 물질의 유동에 관련되며, 따라서 유량계 내의 가스 유동 물질의 밀도에 따라 변화된다. 예를 들어, 유량계를 통과하는 부유 액체는, 유량계의 밀도가 증가하고 진동 응답이 유동 물질에 의해 일시적으로 보다 댐핑을 받게 되므로, 주파수를 감소시킬 것이다. 주파수 응답(1411)은 전술한 바와 같이 제1 센서 신호(1405) 및 90도 위상 편이(1407)를 사용하여 계산될 수 있다. 따라서, 빠른 주파수 (및 유동 스트림 밀도 결정)를 사용함으로써, 계측 전자장치(20)는 액체 유동 분율(1412)을 결정할 수 있으며, 실질적으로 순간적으로 액체 유동 분율(1412)을 결정할 수 있다.

[0150] 위상 편이 루틴(1402)은, 전술한 바와 같이, 제1 센서 신호(1405)를 위상 편이 시켜서 90도 위상 편이(1407)를 생성하기 위하여 제1 센서 신호(1405)를 처리한다. 위상 편이 루틴(1402)은 주파수 응답 루틴(1401)에 의해 실행될 수 있다. 대안적으로, 위상 편이 루틴(1402)은 주파수 응답 루틴(1401)에 통합될 수 있다.

[0151] 밀도 루틴(1403)은 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)로부터 유동 스트림 밀도(1408)를 결정한다. 일 실시예에서, 밀도 루틴(1403)은 유동 스트림 밀도 결정에 주파수 응답(1411)을 사용한다. 유동 스트림 밀도(1408)는 가스 유동 물질의 밀도와 관계되며, 가스 유동 물질 내의 액체 유동 분율에 따라 변화된다.

[0152] 액체 유동 분율 루틴(1404)은 유동 스트림 밀도(1408)를 사용하여 액체 유동 분율(1412)을 생성한다. 액체 유동 분율(1412)은 가스 유동 물질 내의 액체의 양(또는 퍼센트)과 관련된다. 이에 대한 결정은 도 15를 참조하여 아래에 설명되어 있다. 또한, 액체 유동 분율 루틴(1404)은 가스 유동 분율(1413)도 생성할 수 있으며, 여기서 가스 유동 분율(1413)은 가스 유동 물질 내의 가스의 양(또는 퍼센트)과 관련된다.

[0153] 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)는 유량계 조립체(10)로부터 수신된 진동 응답을 저장한다. 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)는 유량계 조립체(10)로부터 수신된 아날로그 전기 신호의 디지털 표시(digital representation)를 포함할 수 있다. 제1 센서 신호(1405) 및 제2 센서 신호(1406)는 전기 신호의 표본 추출된 부분(sampled portion)을 포함할 수 있다.

[0154] 가스 밀도(1409)는 가스 유동 물질의 가스 유동 분율을 나타내는 (알려진) 가스 밀도(즉, 액체 유동 분율이 없는 순수 가스의 밀도)를 저장할 수 있다. 가스 밀도(1409)는 액체 유동 분율을 결정하기 위하여 결정된 유동 스트림 밀도와 비교하는데 사용된다. 이러한 비교는 아래에서 도 15를 참조하여 설명된다.

[0155] 액체 밀도(1410)는 순수 액체의 액체 밀도를 나타내는 미리 결정된 액체 밀도를 저장할 수 있다. 액체 밀도(1409)는 또한 액체 유동 분율 결정을 위해서 사용될 수도 있으며 유동 스트림 밀도와 비교하는데 사용될 수도 있다.

[0156] 주파수는, 앞서 기술된 위상 편이 방법을 사용하여 결정될 때, 종래기술과는 대조적으로 빠르게 얻어질 수 있다. 더욱이, 주파수는 실질적으로 순간적으로 결정될 수 있다. 순간적인 주파수 결정은 본원발명에 따른 액체 유동 분율의 결정 및 유동 스트림 밀도의 결정에서와 같은 기타의 결정에 대한 사용에 있어서 바람직하게 유용하다. 주파수가 실질적으로 순간적으로 결정될 수 있으므로 액체 유동 분율은 가스 유동 물질에 대해 빠르고 정확하게 결정될 수 있다.

[0157] 계측 전자장치(20)는 센서 신호를 반복적으로 수신하여 처리할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 결과적으로, 계측 전자장치(20)는 연속적으로 그리고 실질적으로 순간적으로 가스 유동 물질 내의 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 계측 전자장치(20)는 다양한 수준의 액체 유동 분율이 유량계를 통과함에 따른 시간에 걸쳐 실질적으로 연속적으로 액체 유동 분율 결정 결정을 실행할 수 있다.

[0158] 도 15는 본원발명의 일 실시예에 따른, 유량계를 통과하여 유동하는 가스 유동 물질에서 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법의 순서도(1500)이다. 단계(1501)에서, 제1 및 제2 센서 신호는 전술한 바와 같이 유량계 조립체(10)로부터 수신된다.

[0159] 단계(1502)에서, 전술한 바와 같이, 센서 신호가 조정된다.

[0160] 단계(1503)에서, 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도가 결정된다. 유동 스트림 밀도는 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호를 이용하여 결정된다. 다른 유동 특성, 변수, 및/또는 상수도 결정을 하는데 있어서 필요하다면 사용될 수 있다.

[0161] 단계(1504)에서, 유동 스트림 밀도는 가스 밀도 및 액체 밀도에 비교된다. 가스 밀도는 가스 유동 스트림의 가스 유동 분율을 나타내며, 액체 밀도는 액체 유동 분율을 나타낸다. 일 실시예에서, 두 밀도는 알려지고 사용된다. 다른 실시예에서는, 이들 두 밀도 중 하나만이 알려져서 사용된다.

[0162] 도 16은 천연 가스 밀도 대(versus) 글리콜 백분율(즉, 액체 유동 분율)에 대한 그래프이다. 테이블은 비교에 사용되는 데이터 세트를 나타낸다. 그러나 어떠한 유형의 데이터 구조도 사용될 수 있으며, 데이터는 테이블 형태로 있을 필요는 없다. 사선의 그래프 선은 글리콜 대(versus) 가스의 다양한 부분에 대한 가스 유동 물질 밀도를 나타낸다. 그래프로부터 전체 가스 유동 물질 밀도는 액체 유동 분율에 비례한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 최소한 측정된 가스 유동 물질(즉, 전체) 밀도 및 알려진 가스 밀도를 사용하면, 액체 유동 분율이 결정될 수 있다. 데이터 순람(lookup)이 예를 들어 압력이나 온도와 같은 다른 인자를 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 비록 그래프는 천연 가스와 글리콜에 대한 것이지만 다른 가스 및 액체도 사용되고 결정될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0163] 도 15를 다시 참조하면, 단계(1505)에서 액체 유동 분율이 결정된다. 액체 유동 분율은 가스 유동 물질 내의 액체의 백분율이나 양을 포함한다. 액체 유동 분율은 계속해서, 예를 들어 가스 질량 유속 및/또는 액체 질량 유속과 같은 다른 계산을 실행하는데 사용될 수 있다. 액체 유동 분율은 유동 스트림 밀도를 적어도 알려진 가스 밀도에 비교하는 것으로부터 결정될 수 있다. 대안적으로, 이러한 비교는 유동 스트림 밀도를 알려진 가스 밀도 및 알려진 액체 밀도 모두에 비교하는 것을 포함할 수 있다.

[0164] 유동 스트림 밀도를 알려진 가스 밀도 및 알려진 액체 밀도에 비교함으로써 액체 유동 분율 결정을 위해 사용될 수 있는 비율이 형성될 수 있다. 이러한 비율은 다음 식을 포함하며:

[0165] $D_{measured} = (X)(D_L) + (1 - X)(D_G)$ (35)

[0166] 여기서, $D_{measured}$ 는 센서 신호로부터 결정된 것과 같은 유동 스트림 밀도이고, D_G 는 알려진 가스 밀도이며, D_L 은 알려진 액체 밀도, X 는 액체 유동 분율이다. 결과적으로, 액체 유동 분율(X)은 다음과 같이 결정될 수 있다:

[0167] $X = (D_{measured} - D_G) / (D_L - D_G)$ (36)

[0168] 도 17은 본원발명의 일 실시예에 따른, 유량계를 통과하여 유동하는 가스 유동 물질에서 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법의 순서도(1700)이다. 단계(1701)에서, 제1 및 제2 센서 신호는 전술한 바와 같이 유량계 조립체(10)로부터 수신된다.

[0169] 단계(1702)에서, 전술한 바와 같이, 센서 신호가 조정될 수 있다.

[0170] 단계(1703)에서, 90도 위상 편이가 제1 센서 신호로부터 생성된다. 90도 위상 편이는 전술한 바와 같이 생성될 수 있다. 비록 제1 센서 신호가 일례로서 위상 편이되지만, 어느 센서 신호도 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0171] 단계(1704)에서, 유량계 조립체(10)의 주파수 응답이 계산된다. 주파수 응답은, 전술한 바와 같이, 90도 위상 편이 및 제1 센서 신호를 사용하여 계산될 수 있다.

[0172] 단계(1705)에서, 가스 유동 물질의 유동 스트림 밀도가 주파수 응답을 사용하여 결정된다. 일 실시예에서, 유동 스트림 밀도는 주파수 응답을 제곱하고 제곱된 주파수 응답을 역으로 함으로써(밀도= $1/f^2$ 이므로) 결정된다. 다른 유동 특성, 변수, 및/또는 상수도 결정을 하는데 있어서 필요하다면 사용될 수 있다.

[0173] 단계(1706)에서, 액체 유동 분율이 결정된다. 액체 유동 분율은 전술한 바와 같이 알려진 가스 밀도에 유동 스트림 밀도를 비교함으로써 결정될 수 있다.

[0174] 본원발명에 따른 계측 전자장치 및 방법은 필요하다면 몇 가지 장점을 제공하기 위하여 어떠한 실시예에 따라서라도 사용될 수 있다. 본원발명은 가스 유동 물질에서 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 본원발명은 제1 센서 신호 및 제2 센서 신호로부터 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 본원발명은 유동 스트림 밀도로부터 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 본원발명은 주파수 응답을 사용하여 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 본원발명은 제1 센서 신호 및 제1 센서 신호의 90도 위상 편이를 사용하여 액체 유동 분율을 결정할 수 있다. 본원발명은 액체 유동 분율과 함께 가스 유동 분율도 결정할 수 있다. 본원발명은 액체 유동 분율이 액체 유동 분율 한계 값을 초과하면 경보 상태를 설정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0175] 전체 도면에 있어서 동일한 도면 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0176] 도 1은 본원발명의 일 실시예의 코리올리 유량계를 도시한다.

[0177] 도 2는 본원발명의 일 실시예에 따른 계측 전자장치를 도시한다.

[0178] 도 3은 본원발명의 일 실시예에 따른, 유량계의 센서 신호를 처리하는 방법의 순서도이다.

[0179] 도 4는 본원발명의 일 실시예에 따른 계측 전자장치를 도시한다.

[0180] 도 5는 본원발명의 일 실시예에 따른, 유량계의 제1 및 제2 센서 신호를 처리하는 방법의 순서도를 도시한다.

[0181] 도 6은 본원발명의 일 실시예에 따른 처리 시스템의 일부의 블록 다이어그램을 도시한다.

[0182] 도 7은 본원발명의 일 실시예에 따른 힐버트 변환 블록을 상세하게 도시한다.

[0183] 도 8 및 9는 본원발명의 일 실시예에 따른 분석 블록의 두 개의 독립 분기의 블록 다이어그램을 도시한다.

[0184] 도 10은 정상 상태에 있는 유량계의 픽-오프 센서 신호의 파워 스펙트럼 밀도 그래프를 도시한다.

[0185] 도 11은 단일 위상 편이 실시예에 따른 힐버트 변환 블록을 도시한다.

[0186] 도 12는 단일 위상 편이 실시예에 대한 분석 블록을 도시한다.

[0187] 도 13은 종래 기술과 비교하여 본원발명의 센서 처리를 도시하며, 여기서 각각의 시간차(Δt) 값이 비교된다.

[0188] 도 14는 본원발명의 다른 실시예에 따른 계측 전자장치를 도시한다.

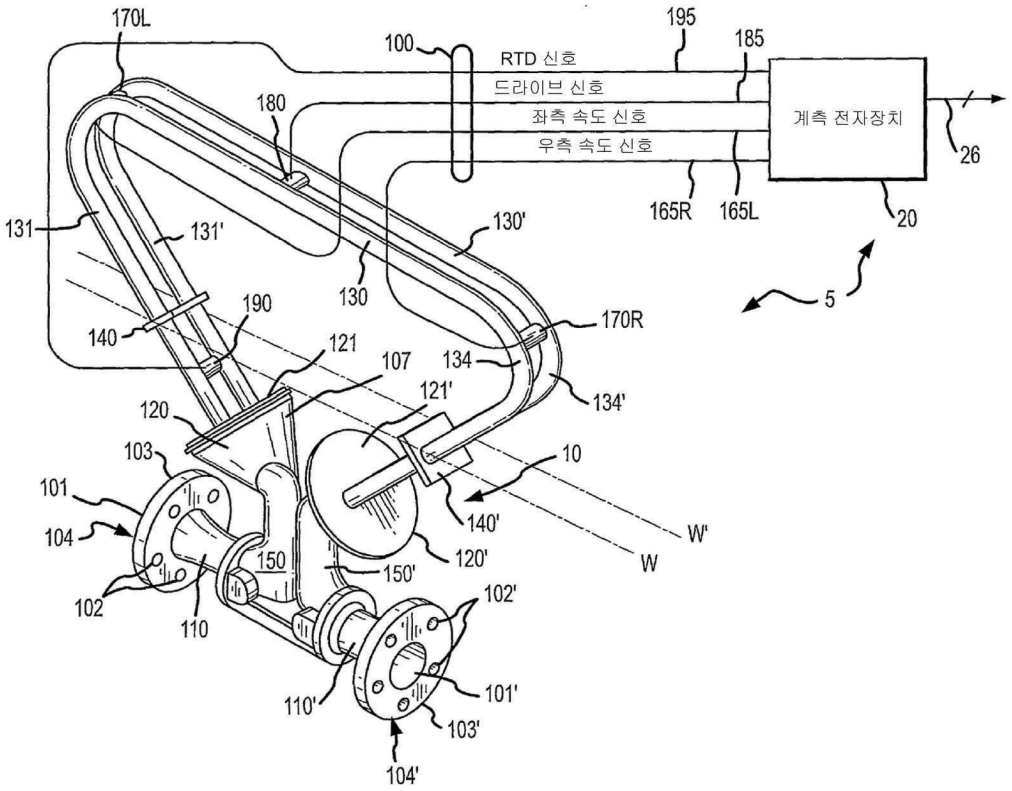
[0189] 도 15는 본원발명의 일 실시예에 따른 유량계를 통과하여 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법의 순서도를 도시한다.

[0190] 도 16은 천연 가스 밀도 대 글리콜 백분율(즉, 액체 유동 분율)의 그래프를 도시한다.

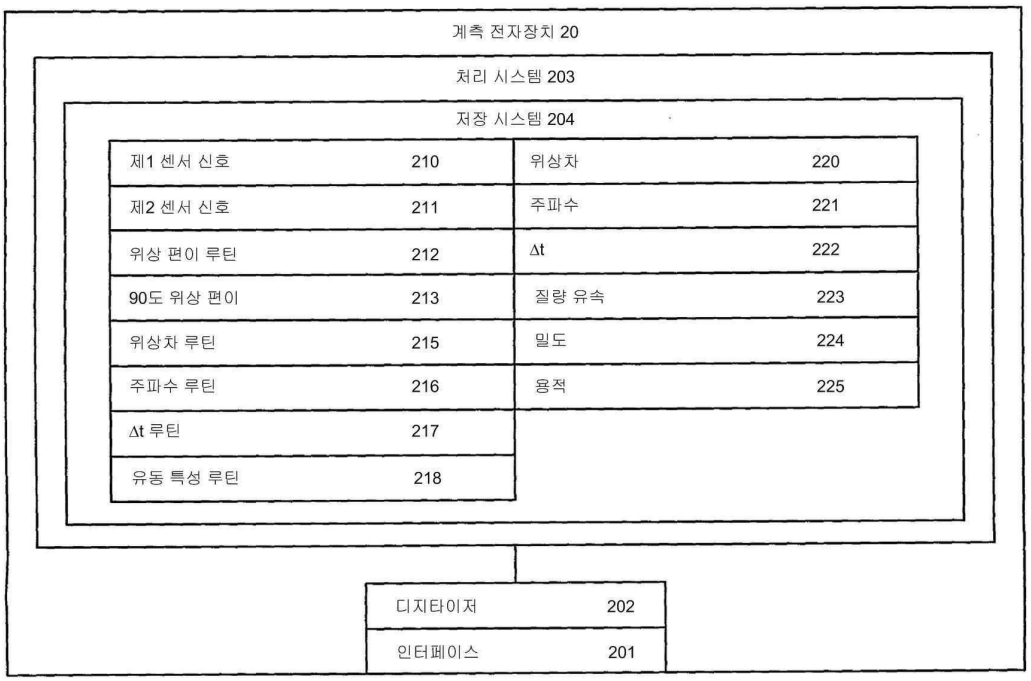
[0191] 도 17은 본원발명의 일 실시예에 따른 유량계를 통해 유동하는 가스 유동 물질의 액체 유동 분율을 결정하기 위한 방법의 순서도를 도시한다.

도면

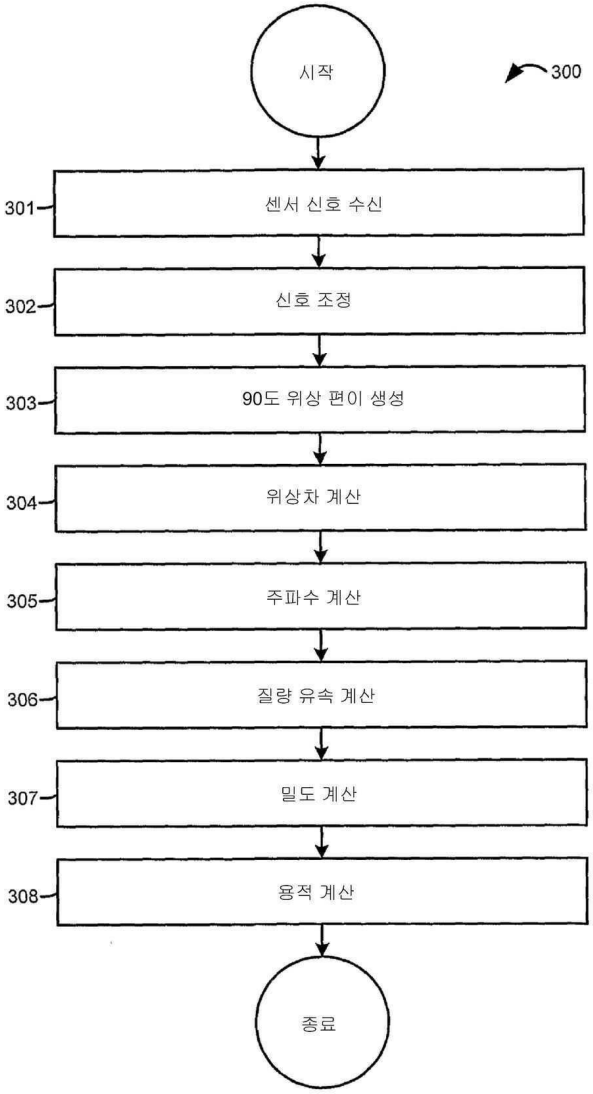
도면1



도면2


계측 전자장치 20
처리 시스템 203
저장 시스템 204
제1 센서 신호 210
제2 센서 신호 211
위상 편이 루틴 212
90도 위상 편이 213
위상차 루틴 215
주파수 루틴 216
Δt 루틴 217
유동 특성 루틴 218
위상차 220
주파수 221
Δt 222
질량 유속 223
밀도 224
용적 225
디지타이저 202
인터페이스 201

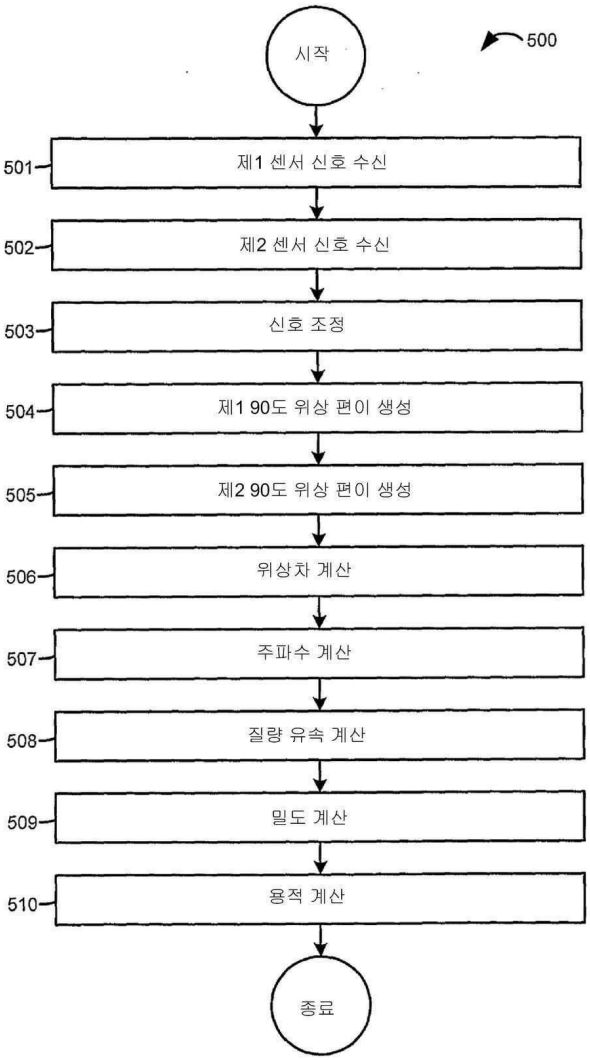
도면3


시작
300
301
센서 신호 수신
302
신호 조정
303
90도 위상 편이 생성
304
위상차 계산
305
주파수 계산
306
질량 유속 계산
307
밀도 계산
308
용적 계산
종료

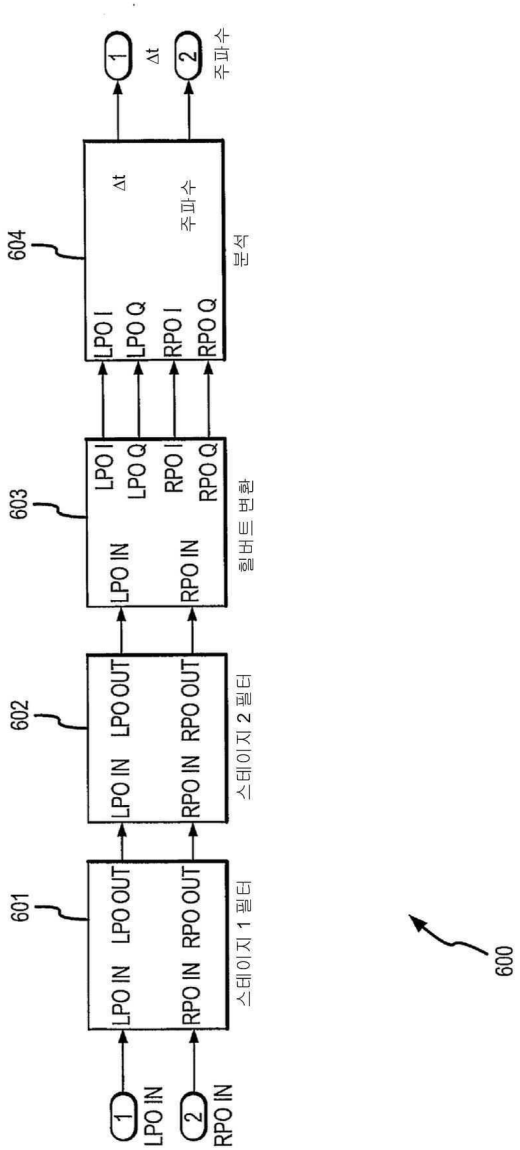
도면4


계측 전자장치 20
처리 시스템 203
저장 시스템 204
제1 센서 신호 210
제2 센서 신호 211
위상 편이 루틴 212
제1 90도 위상 편이 213
제2 90도 위상 편이 214
위상차 루틴 215
주파수 루틴 216
Δt 루틴 217
유동 특성 루틴 218
위상차 220
주파수 221
Δt 222
질량 유속 223
밀도 224
용적 225
디지타이저 202
인터페이스 201

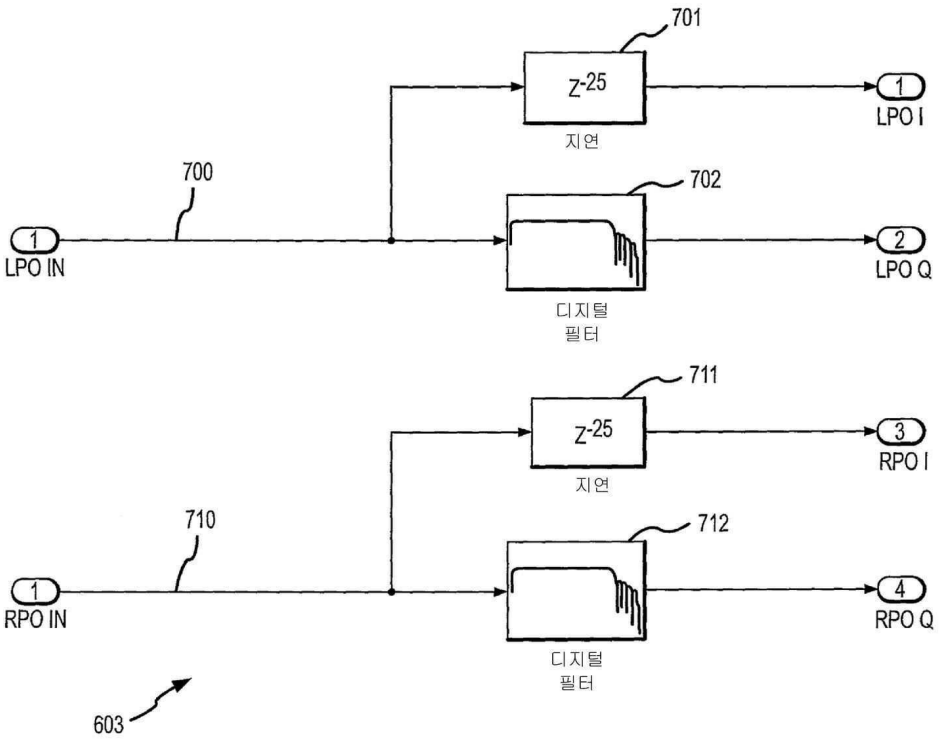
도면5


시작
500
501
제1 센서 신호 수신
502
제2 센서 신호 수신
503
신호 조정
504
제1 90도 위상 편이 생성
505
제2 90도 위상 편이 생성
506
위상차 계산
507
주파수 계산
508
질량 유속 계산
509
밀도 계산
510
용적 계산
종료

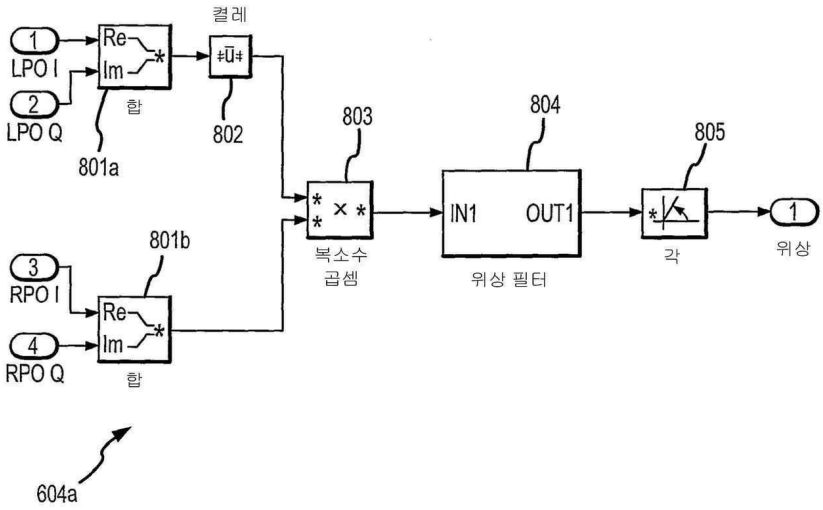
도면6


600
601
스테이지 1 필터
LPO IN
RPO IN
LPO OUT
RPO OUT
602
스테이지 2 필터
603
힐버트 변환
604
분석
Δt
주파수
LPO I
LPO Q
RPO I
RPO Q
1
2

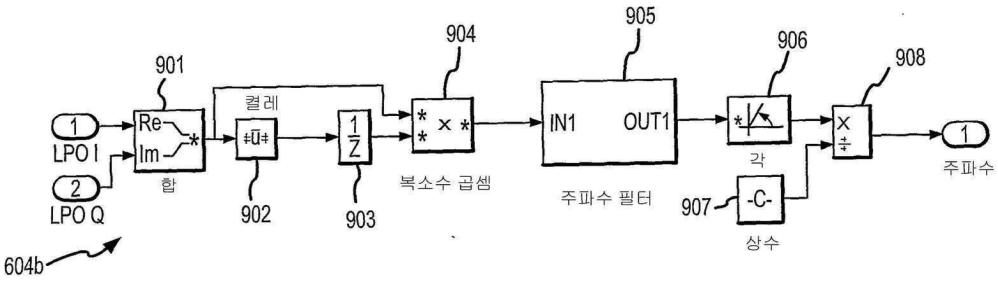
도면7


701
Z-25
지연
1
LPO I
700
1
LPO IN
702
2
LPO Q
디지털
필터
711
Z-25
지연
3
RPO I
710
712
1
RPO IN
4
RPO Q
디지털
필터
603

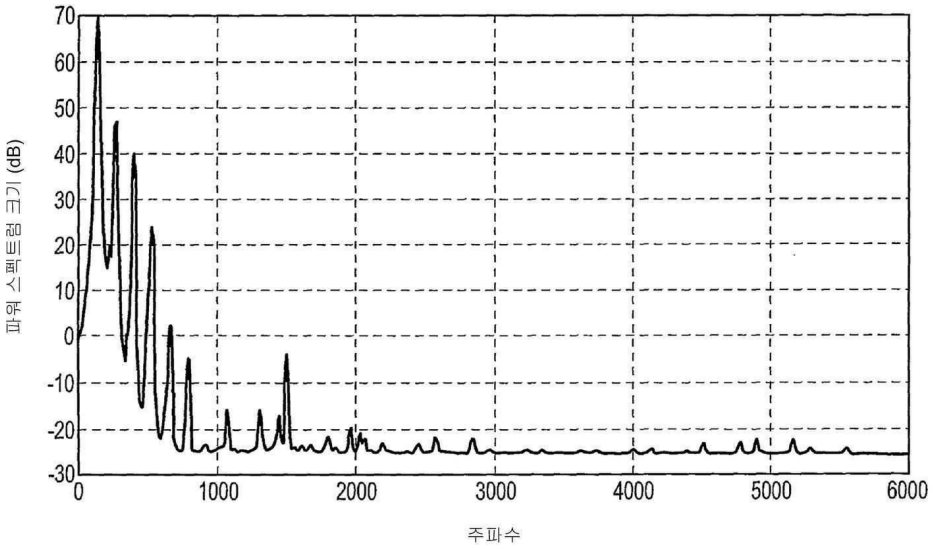
도면8


컬레
1
LPO I
Re
Im
2
LPO Q
합
801a
802
803
804
805
IN1
OUT1
1
위상
복소수
곱셈
위상 필터
각
801b
3
RPO I
Re
Im
4
RPO Q
합
604a

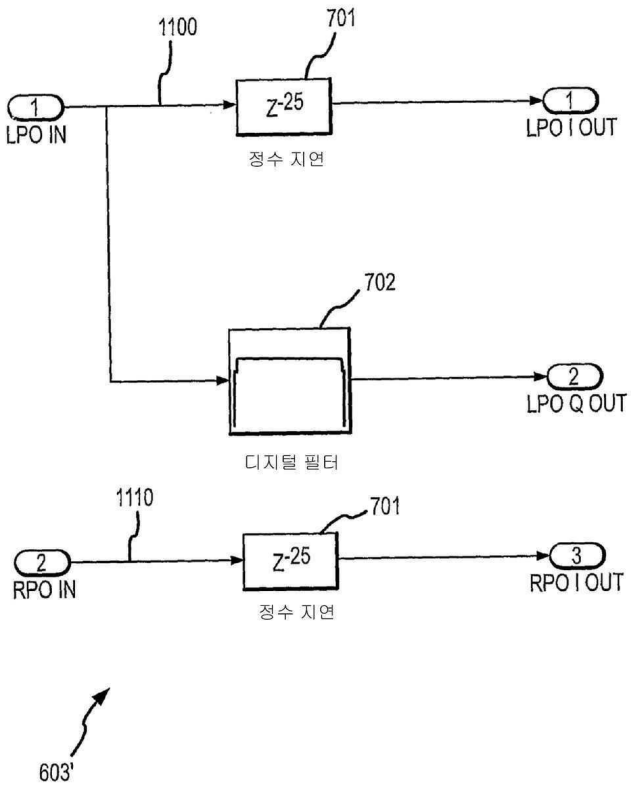
도면9


901
904
905
906
908
1
LPO I
2
LPO Q
Re
Im
합
결레
902
903
복소수 곱셈
IN1
OUT1
주파수 필터
각
907
-C-
상수
주파수
604b

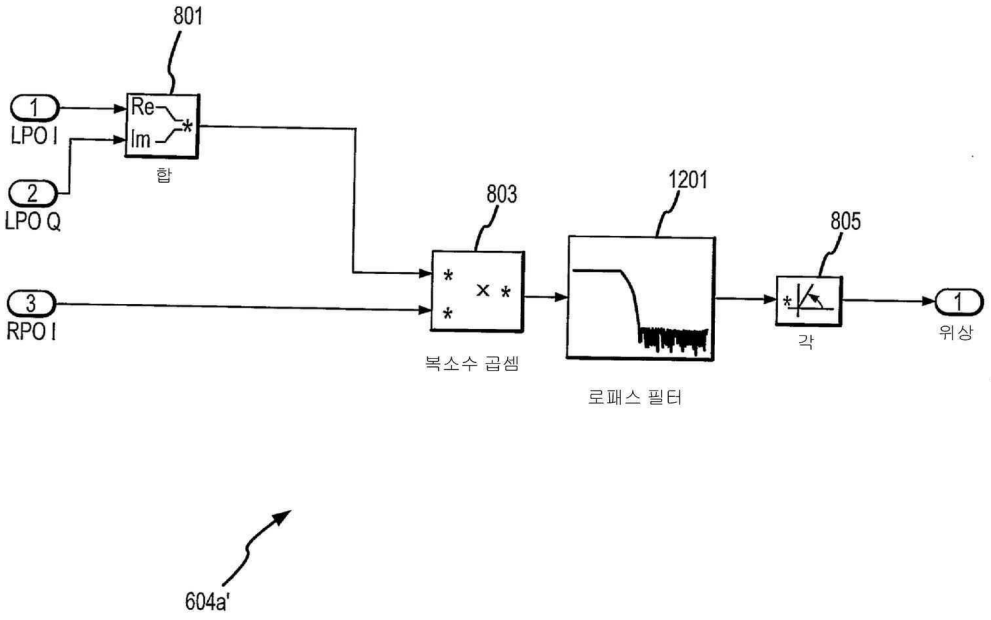
도면10


70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
파워 스펙트럼 크기 (dB)
주파수

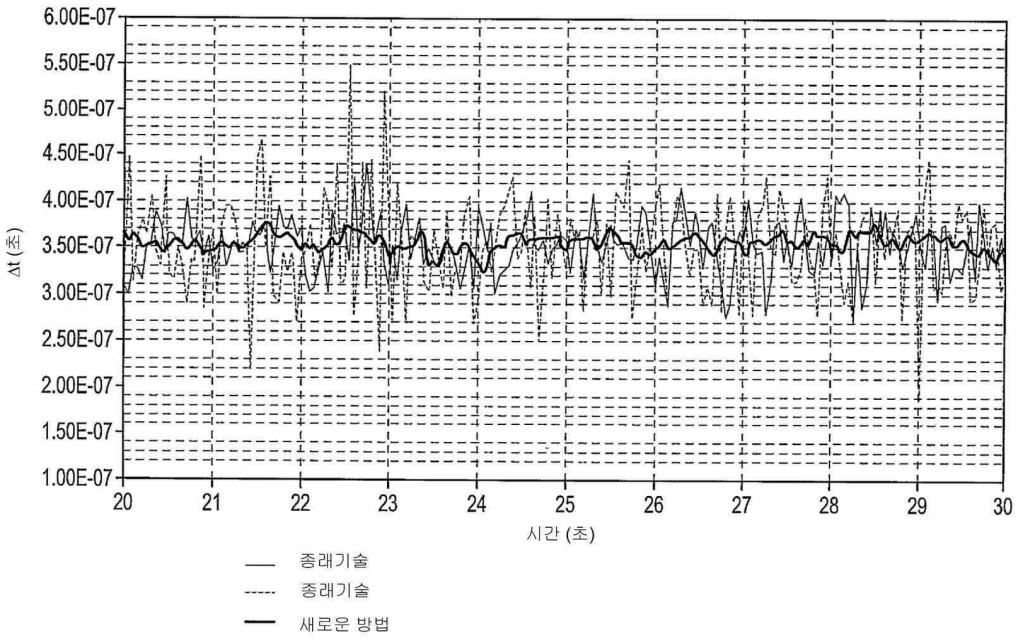
도면11


1100
701
1
LPO IN
Z-25
정수 지연
1
LPO I OUT
702
2
LPO Q OUT
디지털 필터
1110
701
2
RPO IN
Z-25
정수 지연
3
RPO I OUT
603'

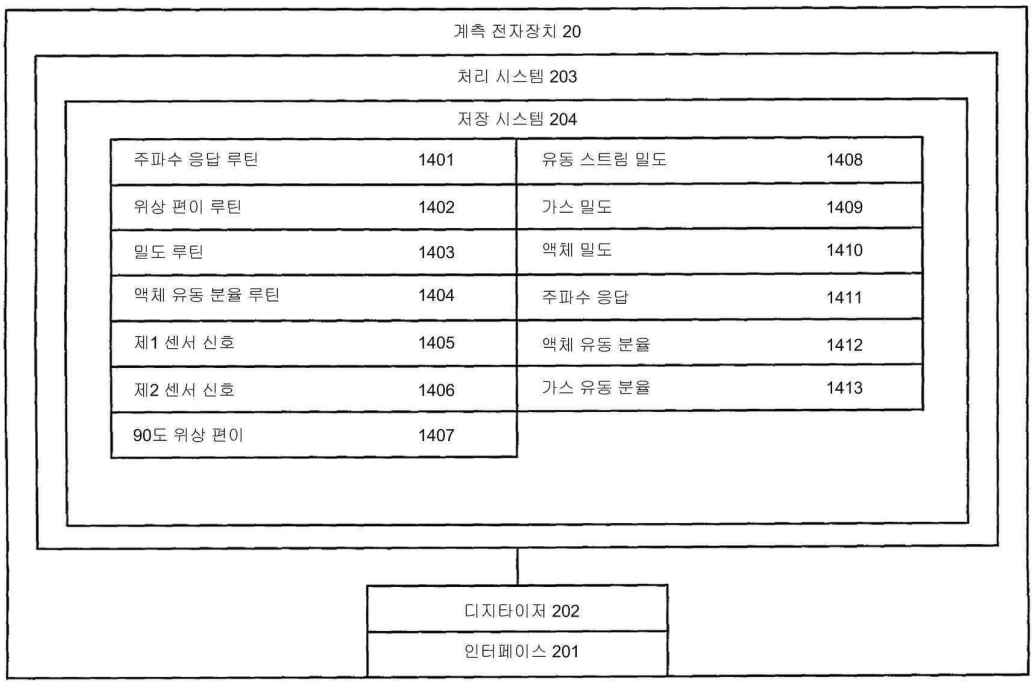
도면12


801
1
LPO I
Re
Im
합
2
LPO Q
803
1201
805
3
RPO I
복소수 곱셈
로패스 필터
각
1
위상
604a'

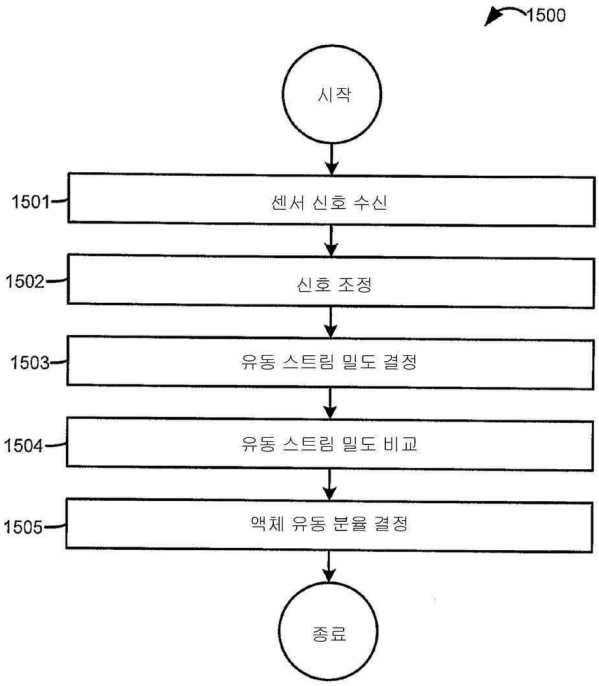
도면13


6.00E-07
5.50E-07
5.00E-07
4.50E-07
4.00E-07
3.50E-07
3.00E-07
2.50E-07
2.00E-07
1.50E-07
1.00E-07
Δt (초)
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
시간 (초)
종래기술
종래기술
새로운 방법

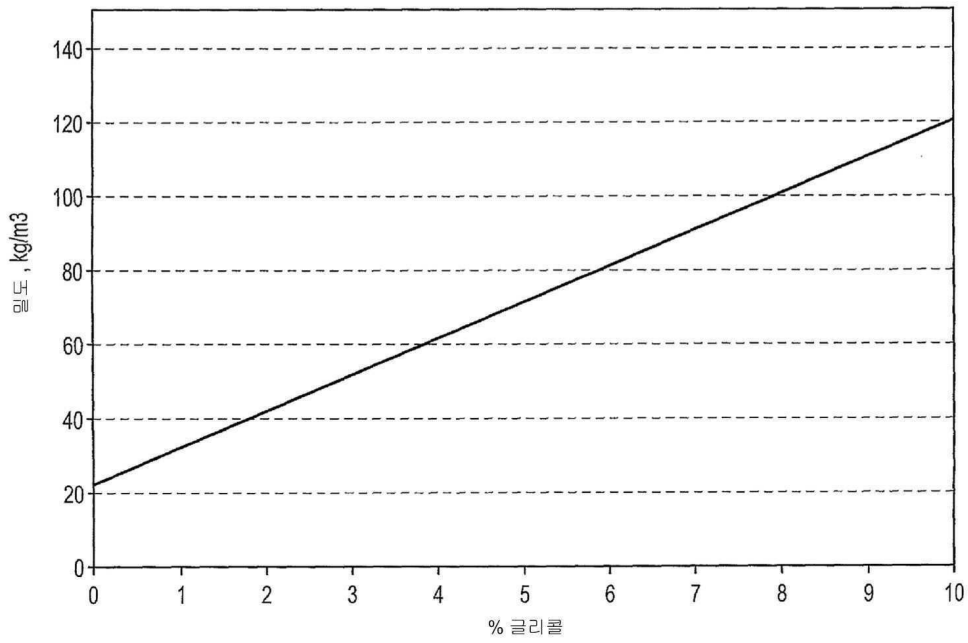
도면14


계측 전자장치 20
처리 시스템 203
저장 시스템 204
주파수 응답 루틴 1401
위상 편이 루틴 1402
밀도 루틴 1403
액체 유동 분율 루틴 1404
제1 센서 신호 1405
제2 센서 신호 1406
90도 위상 편이 1407
유동 스트림 밀도 1408
가스 밀도 1409
액체 밀도 1410
주파수 응답 1411
액체 유동 분율 1412
가스 유동 분율 1413
디지타이저 202
인터페이스 201

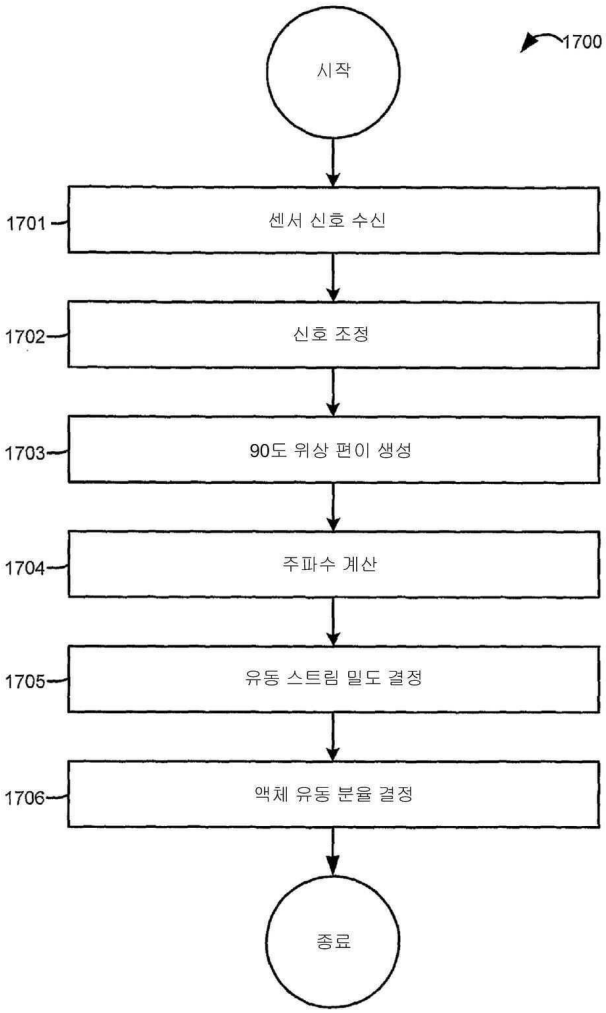
도면15


1500
시작
1501
센서 신호 수신
1502
신호 조정
1503
유동 스트림 밀도 결정
1504
유동 스트림 밀도 비교
1505
액체 유동 분율 결정
종료

도면16


140
120
100
80
60
40
20
0
밀도, kg/m3
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
% 글리콜

도면17


1700
시작
1701
센서 신호 수신
1702
신호 조정
1703
90도 위상 편이 생성
1704
주파수 계산
1705
유동 스트림 밀도 결정
1706
액체 유동 분율 결정
종료