(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월16일
(11) 등록번호 10-2339510
(24) 등록일자 2021년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 7/06 (2006.01) *G05B 23/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05D 7/0635 (2013.01)
G01F 1/76 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2018-7008652
(22) 출원일자(국제) 2016년09월21일
심사청구일자 2021년08월10일
(85) 번역문제출일자 2018년03월27일
(65) 공개번호 10-2018-0059786
(43) 공개일자 2018년06월05일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/077837
(87) 국제공개번호 WO 2017/057129
국제공개일자 2017년04월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-192680 2015년09월30일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005534110 A
JP2010091320 A

(73) 특허권자
히타치 긴조쿠 가부시키가이샤
일본국 도쿄토 미나토쿠 코난 1쵸메 2방 70고
(72) 발명자
고토 다카오
일본 510-8102 미에켄 미에군 아사히초 오부케 210 히타치 긴조쿠 화인테크 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
장수길, 성재동

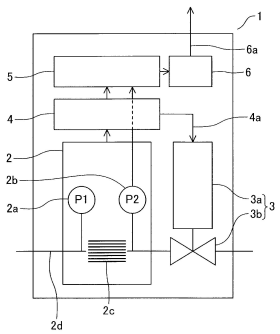
전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 심유석

(54) 발명의 명칭 **질량 유량 제어 장치 및 차압식 유량계의 진단 방법**

(57) 요 약

기록 수단에 의해 유량 제어 밸브가 개방되어 유량의 제어가 개시되었을 때, 또는 유량 제어 밸브가 폐쇄되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 유체의 압력값을 기록하고, 진단 수단에 의해 기록 수단이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력값에 기초하여 취득되는 관리값을, 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때의 관리값과 대비하여, 양자의 차의 절댓값이 역치를 초과하였을 때에 상기 유량계에 이상이 발생하였다고 진단한다. 유량계의 상류측에 인접하여 기계식 압력 조절 밸브를 더 배치하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 오로지 진단을 실시하기 위한 시간을 마련하는 일 없이 차압식 유량계의 이상의 발생을 간편하게 진단할 수 있는 질량 유량 제어 장치 및 차압식 유량계의 진단 방법을 제공할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G05B 23/0235 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유체의 유로에 개재 장착된 차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 상기 유체의 압력인 제1 압력의 값 및 상기 차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 상기 유체의 압력인 제2 압력의 값에 기초하여 상기 유체의 유량을 측정하도록 구성된 유량계와,

상기 유체의 유량을 제어하도록 구성된 유량 제어 밸브와,

상기 유량계에 의해 측정된 상기 유체의 유량인 측정 유량이 상기 유체의 유량의 목표값인 설정 유량과 일치하도록 상기 유량 제어 밸브에 제어 신호를 출력하도록 구성된 제어 수단을

포함하는 질량 유량 제어 장치이며,

상기 유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 상기 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 개방 시 압력값 및 상기 유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 상기 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽을 기록하도록 구성된 기록 수단과,

상기 밸브 개방 시 압력값 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득되는 관리값인 측정 관리값과 상기 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때의 상기 관리값인 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하는 경우에 상기 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하도록 구성된 진단 수단을

더 포함하며,

상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 질량 유량 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 개시되었을 때부터 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간 및 상기 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 정지되었을 때부터 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 질량 유량 제어 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 질량 유량 제어 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 질량 유량 제어 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유량계는, 상기 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 상기 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서를 포함하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유량계는, 상기 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 상기 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서 중 어느 한쪽과, 상기 제1 압력의 값과 상기 제2 압력의 값의 차를 측정하는 차압 센서인 제3 센서를 포함하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 유량계의 상류측에 인접하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브를 더 포함하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 유량 제어 밸브는 상기 유량계의 하류측에 배치되는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 진단 수단은, 상기 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하였을 때에 이상 신호를 출력하도록 구성된, 질량 유량 제어 장치.

청구항 10

질량 유량 제어 장치의 유량계에 이상이 발생하였는지 여부를 판정하는 진단 방법이며,

유체의 유로에 개재 장착된 차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 상기 유체의 압력인 제1 압력의 값 및 상기 차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 상기 유체의 압력인 제2 압력의 값에 기초하여 상기 유체의 유량을 측정하는 단계와,

상기 유체의 유량을 유량 제어 밸브로 제어하는 단계와,

상기 유량계에 의해 측정된 상기 유체의 유량인 측정 유량이 상기 유체의 유량의 목표값인 설정 유량과 일치하도록 제어 수단으로부터 상기 유량 제어 밸브에 제어 신호를 출력하는 단계와,

상기 제2 압력의 값을 기록 수단으로 기록하는 단계로서, 상기 유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 상기 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 개방 시 압력값 및 상기 유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 상기 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽을 기록하는 것을 포함하는 단계와,

상기 기록 수단에 의해 기록된 상기 제2 압력의 값에 기초하여 상기 유량계에 이상이 발생하였는지 여부를 진단하는 단계와,

상기 밸브 개방 시 압력값 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득되는 관리값인 측정 관리값과 상기 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때의 상기 관리값인 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하는 경우에 상기 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하는 단계로서, 상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값의 양쪽 또는 어느 한쪽인 단계

를 포함하는, 진단 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 개시되었을 때부터 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간 및 상기 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 정지되었을 때부터 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 진단 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 진단 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 관리값은, 상기 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭의 양쪽 또는 어느 한쪽인, 진단 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 유량계는, 상기 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 상기 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서를 포함하는, 진단 방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 유량계는, 상기 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 상기 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서 중 어느 한쪽과, 상기 제1 압력의 값과 상기 제2 압력의 값의 차를 측정하는 차압 센서인 제3 센서를 포함하는, 진단 방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 질량 유량 제어 장치는, 상기 유량계의 상류측에 인접하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브를 더 포함하는, 진단 방법.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 유량 제어 밸브는 상기 유량계의 하류측에 배치되는, 진단 방법.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하였을 때에 이상 신호를 출력하는 단계를 더 포함하는, 진단 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 질량 유량 제어 장치에 관한 발명이며, 유체의 압력 또는 차압의 측정값에 기초하여 유체의 질량 유량을 제어하는 질량 유량 제어 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 차압식 유량계에 있어서의 이상의 발생을 진단하는 방법에 관한 발명이며, 질량 유량 제어 장치를 구성하는 차압식 유량계의 진단 방법에도 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 질량 유량 제어 장치(매스 플로 컨트롤러)는, 유체의 유량을 측정하는 유량계, 유체의 유량을 제어하는 유량 제어 밸브, 이것들을 제어하는 제어 회로 및 그 밖의 부품에 의해 구성된 제어 기기이다. 질량 유량 제어 장치는, 예를 들어 반도체의 제조 프로세스에 있어서 챔버 내에 공급되는 가스의 질량 유량을 제어하는 것 등을 목적으로 하여, 널리 사용되고 있다.

[0003] 질량 유량 제어 장치에 사용되는 유량계에는 다양한 형식의 것이 있다. 반도체의 제조 프로세스에 있어서 가스의 질량 유량을 제어하는 것을 목적으로 하여 사용되는 질량 유량 제어 장치에 있어서는, 열식 유량계 또는 압력식 유량계가 주로 사용되고 있다. 이것들 중, 압력식 유량계로서는, 예를 들어 오리피스 또는 유로 스로틀 노즐 등이라고 불리는 부재를 흐르는 가스의 유속이 음속일 때에 가스의 유량이 상류측에 있어서의 가스의 압력에만 의존하는 성질을 이용하는 것(이하 「오리피스식 유량계」라고 함) 및 차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 가스의 압력값과 하류측에 있어서의 가스의 압력값의 차에 기초하여 유량을 측정하는 것(이하 「차압식 유량계」라고 함) 등을 들 수 있다.

[0004] 오리피스식 유량계에 있어서는, 가스가 좁은 유로를 통과한다. 이 좁은 유로에 이물이 부착되거나 하여 당해 유로의 단면적이 변화된 경우, 유량계가 정확한 유량을 측정할 수 없게 된다. 차압식 유량계에 있어서도, 차압 발생 수단에 이물이 부착되거나 하여 유체에의 저항이 변화된 경우, 마찬가지의 문제가 발생한다. 그래서, 압력식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치에 있어서, 이러한 이상이 발생하였는지 여부를 진단하는 방법이 제안되어 있다.

[0005] 예를 들어, 특허문헌 1에는, 오리피스식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치에 있어서, 오리피스의 상류측에 설치된 컨트롤 밸브를 폐쇄하였을 때의 상류측에 있어서의 가스의 압력 감쇠 데이터를, 동일 조건하에서 오리피스에 막힘이 없을 때에 측정된 기준 압력 감쇠 데이터와 대비함으로써, 오리피스의 막힘을 검출하는 방법의 발명이 개시되어 있다.

[0006] 또한, 예를 들어 특허문헌 2에는, 오리피스식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치에 있어서, 유로 스로틀 노즐의 상류측에 설치된 유량 조정 밸브를 순간적으로 폐쇄하였을 때의 상류측의 가스 압력값의 시간 의존 변화를, 질량 유량 제어 장치의 조립 시에 측정된 기준값과 비교함으로써, 유로 스로틀 노즐의 진단을 행하는 노즐 진단 기구의 발명이 개시되어 있다.

[0007] 또한, 예를 들어 특허문헌 3에는, 차압식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치에 있어서, 차압 발생 수단의 상류측에 설치된 밸브를 폐쇄하였을 때의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값, 또는 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값이 제1 압력으로부터 제2 압력으로 될 때까지의 기간에 있어서의 당해 압력의 시간 적분값을, 미리 정해진 규정값과 비교함으로써, 차압 발생 수단의 막힘을 고정밀도로 진단하는 진단 기구의 발명이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2000-137528호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2000-214916호 공보

(특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2004-157719호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기 특허문헌 1 내지 3에 개시된 발명을 실시하면, 압력식 유량계의 오리피스 및 차압 발생 수단 등에 막힘이 발생한 상태를 검출할 수 있다. 따라서, 그러한 이상에 기인하는 압력식 유량계의 측정값의 오차의 발생 및 공급되는 가스의 유량의 이상을 미연에 방지하는 효과를 갖는 점에 있어서, 이들 발명은 질량 유량의 신뢰성의 향상에 기여하는 것이다.

[0010] 또한, 이들 발명은, 모두 압력 센서가 측정하는 압력의 값을 이용하므로, 이들 발명의 실시에 의해 압력 센서의 고장 및 오동작 등의 이상도 동시에 검출할 수 있을 가능성을 갖고 있다.

[0011] 그러나, 이들 발명의 실시 시에는, 질량 유량 제어 장치의 본래의 목적인 가스의 유량 제어 동작을 행하는 시간 외에도, 이 시간과는 별도로, 오로지 이상의 발생의 진단을 행하기 위해서만의 시간을 설정할 필요가 있다. 이 시간에 흐른 가스는, 유량이 제어되어 있지 않으므로, 예를 들어 반도체의 제조 프로세스에 있어서 챔버 내에 공급되는 가스로서 이용할 수는 없어, 불필요하게 폐기해야 한다.

[0012] 또한, 차압식 유량계의 차압 발생 수단에 있어서의 가스의 유로의 단면적은 오리피스식 유량계의 오리피스에 있어서의 가스의 유로의 단면적에 비해 크기 때문에, 차압 발생 수단에 막힘이 발생할 확률은 그다지 높지 않다. 따라서, 차압식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치에 있어서는, 차압 발생 수단의 막힘을 고정밀도로 진단하는 것보다, 압력 센서에 의해 측정되는 압력의 값이 정확한지 여부(즉, 압력 센서 및/또는 차압 발생 수단의 이상이 발생하였는지 여부)를 상시 진단 또는 감시하는 쪽이, 질량 유량 제어 장치의 신뢰성을 높이는 데 있어서 유효하다고 생각된다. 그러나, 차압식 유량계의 이상의 발생을 간편하게 진단하는 방법은 알려져 있지 않다.

[0013] 본 발명은, 종래의 압력식 유량계를 사용한 질량 유량 제어 장치가 갖는 상기 여러 과제에 비추어 이루어진 것이며, 이상의 발생의 진단을 실시하기 위해서만의 시간을 설정하는 것을 필요로 하지 않고, 차압식 유량계에 있어서의 이상의 발생을 간편하게 진단할 수 있는 질량 유량 제어 장치의 제공을 목적으로 하고 있다. 또한, 본 발명은, 이상의 발생의 진단을 실시하기 위해서만의 시간을 설정하는 것을 필요로 하지 않고, 차압식 유량계에 있어서의 이상의 발생을 간편하게 진단할 수 있는, 질량 유량 제어 장치를 구성하는 차압식 유량계의 진단 방법의 제공도 목적으로 하고 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치는,

[0015] 유체의 유로에 개재 장착된 차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 유체의 압력인 제1 압력의 값 및 차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 유체의 압력인 제2 압력의 값에 기초하여 유체의 유량을 측정하도록 구성된 유량계와, 유체의 유량을 제어하도록 구성된 유량 제어 밸브와, 유량계에 의해 측정된 유체의 유량인 측정 유량이 유체의 유량의 목표값인 설정 유량과 일치하도록 유량 제어 밸브에 제어 신호를 출력하도록 구성된 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치이며, 유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 제2 압력의 값인 밸브 개방 시 압력값 및 유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 제2 압력의 값인 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽을 기록하도록 구성된 기록 수단과, 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득되는 관리값인 측정 관리값과 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때의 당해 관리값인 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하는 경우에 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하도록 구성된 진단 수단을 더 갖는 것을 특징으로 하는 질량 유량 제어 장치이다. 또한, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 상기한 바와 같이 하여 질량 유량 제어 장치를 구성하는 차압식 유량계에 있어서의 이상의 발생을 진단하는 방법이다.

[0016] 상기 구성에 있어서, 유량계에 이상이 발생하였는지 여부를 진단하는 동작은, 유량의 제어를 개시하기 위해 유량 제어 밸브를 개방하였을 때 및 유량의 제어를 정지하기 위해 유량 제어 밸브를 폐쇄하였을 때의 양쪽 또는 어느 한쪽에 있어서 실행된다. 따라서, 종래 기술과 같이, 유량의 제어를 위한 시간과는 별도로 진단을 위한 시간을 설정할 필요는 없고, 진단을 실시하기 위해 가스를 불필요하게 폐기하는 일도 없다.

[0017] 또한, 차압식 유량계에 있어서 유량 제어 밸브의 개폐 동작을 행하고 나서 차압 발생 수단을 통과하는 가스의 유량이 안정될 때까지의 기간은, 오리피스식 유량계에 있어서 오리피스 또는 유로 스로틀 노즐 등을 가스가 통

과할 때의 압력의 감쇠에 필요로 하는 기간에 비해 짧기 때문에, 진단의 실행을 단시간에 완료할 수 있다. 따라서, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치는, 특허문헌 3에 있어서 개시된 종래 기술과 같이 차압 발생 수단의 막힘을 고정밀도로 진단하는 것에는 그다지 적합하지 않은 반면, 차압식 유량계에 있어서의 이상의 발생을 간편하게 진단하는 것에는 적합하다.

[0018] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치는, 유량계의 상류측에 인접하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브를 더 갖는다. 이 구성에 있어서, 기계식 압력 조절 밸브의 작용에 의해, 유량계의 상류측에 있어서의 유체의 압력값이 일정한 값으로 유지된다. 이 때문에, 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값은 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값의 변동의 영향을 받지 않고, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값에 기초하여 취득되는 관리값에 기초하는 이상의 발생의 진단을 고정밀도로 행할 수 있으므로, 바람직하다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치 및 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 의하면, 유량의 제어를 위한 시간과는 별도로 진단을 위한 시간을 설정할 필요는 없으므로, 가스를 불필요하게 폐기하지 않고 유효하게 이용할 수 있다. 또한, 압력 센서 및/또는 차압 발생 수단의 이상을 원인으로 하는 유량계의 이상의 발생을 신속하고 또한 간편하게 진단할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치의 구성예를 도시하는 모식도이다.

도 2는 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치에 있어서의 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화의 예를 나타내는 그래프이다.

도 3은 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값의 시간 변화의 예를 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치의 구성예를 도시하는 모식도이다.

도 5는 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 있어서의 진단 알고리즘의 예를 나타내는 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 있어서의 진단 알고리즘의 예를 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명을 실시하기 위한 형태를, 도면을 사용하여 상세하게 설명한다. 또한, 여기서 설명하는 실시 형태는 본 발명의 실시 형태를 예시하는 것에 불과하며, 본 발명의 실시 형태는 여기에 예시하는 형태에 한정되지 않는다.

[0022] 도 1은, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치의 구성예를 도시하는 모식도이다. 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)는, 유체의 유로(2d)에 개재 장착된 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력인 제1 압력의 값(P1)과 차압 발생 수단(2c)의 하류측에 있어서의 유체의 압력인 제2 압력의 값(P2)에 기초하여 유체의 유량을 측정하도록 구성된 유량계(2)와, 유체의 유량을 제어하도록 구성된 유량 제어 밸브(3)와, 유량계(2)에 의해 측정된 유체의 유량인 측정 유량이 유체의 유량의 목표값인 설정 유량과 일치하도록 유량 제어 밸브(3)에 제어 신호(4a)를 출력하도록 구성된 제어 수단(4)을 갖는다. 또한, 도 1은 각 구성 요소간의 논리적인 관계를 나타내는 것이며, 질량 유량 제어 장치(1)의 구성 부품의 실장 상태를 나타내는 것은 아니다.

[0023] 유량계(2)는, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력인 제1 압력의 값(P1)과 차압 발생 수단(2c)의 하류측에 있어서의 유체의 압력인 제2 압력의 값(P2)의 차를 검지하는 수단을 갖는다. 압력의 차를 검지하는 구체적인 수단으로서는, 예를 들어 차압 발생 수단(2c)의 상류측 및 하류측에 각각 별개의 압력 센서(2a 및 2b)를 설치하여, 그것들의 지시값의 차를 검지하는 수단을 구성할 수 있다. 혹은, 차압 발생 수단(2c)의 상류측과 연통하는 도관 및 하류측과 연통하는 도관을 1개의 차압 센서에 접속하고, 당해 차압 센서가 나타내는 차압을 검지할 수 있다.

[0024] 본 발명에 있어서, 「상류측에 있어서의 유체의 압력」 또는 「하류측에 있어서의 유체의 압력」이라 함은, 특별히 언급이 없는 한, 각각 「차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)」 또는 「차압 발생

수단의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)」을 의미하는 것으로 한다. 여기서, 「상류측」 또는 「하류측」이라 함은, 질량 유량 제어 장치(1) 중에서 유체가 흐르는 방향을 기준으로 하여 정해진다. 예를 들어, 도 1에 있어서, 유체는, 질량 유량 제어 장치(1) 내를 좌측으로부터 우측을 향해 흐르기 때문에, 차압 발생 수단(2c)의 좌측이 상류측, 차압 발생 수단(2c)의 우측이 하류측에 상당한다.

[0025] 「차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 유체의 압력」 또는 「차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 유체의 압력」은, 반드시 차압 발생 수단에 인접하는 부위에 있어서의 압력에 한정되는 것은 아니며, 질량 유량 제어 장치(1) 또는 그 주변에 있어서 차압 발생 수단에 인접하는 부위와는 상이한 부위이며, 차압 발생 수단에 인접하는 부위에 있어서의 압력과 동등한 압력을 나타내는 부위에 있어서의 압력이어도 된다.

[0026] 차압 발생 수단(2c)은, 유동하는 유체에 대한 저항을 갖고, 그 상류측에 있어서의 유체의 압력과 하류측에 있어서의 유체의 압력 사이에 압력 손실을 발생시키는 것이면 어떠한 구조의 것이어도 된다. 차압 발생 수단으로서는, 예를 들어 길이가 동일한 파이프를 다수 묶은 구조를 갖는 것, 및 허니콤 구조를 갖는 것 등, 공지의 구조를 갖는 것을 사용할 수 있다.

[0027] 유량계(2)는, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력인 제1 압력의 값(P1)과 차압 발생 수단(2c)의 하류측에 있어서의 유체의 압력인 제2 압력의 값(P2)에 기초하여 유체의 유량을 측정하는 것이며, 상술한 차압식 유량계로 분류되는 것이다. 구체적으로는, 유량계(2)는, 제1 압력의 값(P1)과 제2 압력의 값(P2)의 차이에 기초하여 유체의 유량을 측정한다. 예를 들어, 유량계(2)는 제1 압력의 값(P1)과 제2 압력의 값(P2)의 차(P1-P2)에 기초하여 유체의 유량을 측정한다. 구체적으로는, 유체의 유량은, 일정 조건하에 있어서, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)과 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 차(P1-P2)에 대한 상관을 나타낸다. 더 구체적으로는, 유체의 유량은, 일정 조건하에 있어서, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)과 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 차(P1-P2)에 비례한다. 이 성질을 이용하여, 유량계(2)는, 유체의 유량을 측정할 수 있다. 유량계(2)는, 유체의 유량의 측정 시에, 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)과 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 차(P1-P2) 이외의 물리량, 예를 들어 유체의 온도 및 압력 등에 기초하여 유량의 보정을 행해도 된다.

[0028] 유량 제어 밸브(3)는, 후술하는 제어 수단(4)으로부터 출력되는 제어 신호(4a)에 기초하여 유체의 유량을 제어하도록 구성되어 있다. 유량 제어 밸브(3)는, 밸브를 개폐하는 액추에이터(3a) 및 밸브(3b)를 구비할 수 있다. 액추에이터(3a)로서는, 예를 들어 전압 신호에 의해 제어되는 압전 소자 및 전류 신호에 의해 제어되는 솔레노이드 등을 사용할 수 있다. 밸브(3b)로서는, 예를 들어 다이어프램과 밸브 시트에 의해 구성된 다이어프램 밸브 등을 사용할 수 있다. 유량 제어 밸브(3)는, 도 1에 예시된 바와 같이 유량계(2)의 하류측에 설치해도 되고, 혹은 유량계(2)의 상류측에 설치해도 된다.

[0029] 제어 수단(4)은, 유량계(2)에 의해 측정된 유체의 유량인 측정 유량이 설정 유량과 일치하도록 유량 제어 밸브(3)에 제어 신호(4a)를 출력하도록 구성되어 있다. 이 때문에, 제어 수단(4)은, 유량계(2)에 의해 측정된 측정 유량을 입력하는 수단을 갖고 있다. 설정 유량이라 함은, 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서 미리 설정되는 유체의 유량의 목표값이다. 제어 수단(4)은, 유량계(2)에 의해 측정된 측정 유량이 설정 유량과 일치하도록 제어된 제어 신호(4a)를 발생하고, 이것을 유량 제어 밸브(3)에 대해 출력한다. 제어 수단(4)에 의해 출력되는 제어 신호(4a)의 값은, 예를 들어 측정 유량에 기초하는 피드백 제어 등의 공지의 제어 방법에 의해 결정된다.

[0030] 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)는, 기록 수단(5)과 진단 수단(6)을 더 갖는 것을 특징으로 한다. 기록 수단(5)은, 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽을 기록하도록 구성되어 있다. 여기서, 밸브 개방 시 압력값이라 함은, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)이다. 한편, 밸브 폐쇄 시 압력값이라 함은, 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)이다.

[0031] 기록 수단(5)은, 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 기록한다. 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은, 도 1에 예시되어 있는 바와 같이 하류측의 압력 센서(제2 센서)(2b)의 출력을 직접 입력하여 기록해도 되고, 혹은 제어 수단(4)에 의해 처리가 이루어진 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 간접적으로 입력하여 기록해도 된다. 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은, 예를 들어 아날로그/디지털 컨버터에 의해 변환된 데이터여도 된다. 기록 수단(5)은, 예를 들어 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 나타내는 데이터를 시계열적으로 기록하는 메모리 등에 의해 구성할 수 있다. 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값

(P2)을 기록하는 시간 간격은, 예를 들어 제어 수단(4)을 구성하는 중앙 연산 소자(CPU)의 클럭의 주기와 동일한 시간으로 할 수 있다. 이 시간은, 예를 들어 10ms(밀리초)이다.

[0032] 상술한 바와 같이, 기록 수단(5)이 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 기록하는 기간은, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간 및 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 질량 유량 제어 장치의 통상의 동작 조건에 있어서, 이들 기간은 모두 0.5s(초)를 크게 초과하는 일은 없다. 기록 수단(5)이 기록을 개시하거나 기록을 정지하거나 하는 타이밍은, 예를 들어 제어 수단(4)으로부터 기록 수단(5)에 대해 출력되는 신호에 의해 결정할 수 있다.

[0033] 도 2는, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서의 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화(시간적 추이)의 예를 나타내는 그래프이다. 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)의 시간 변화는 실선에 의해, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 시간 변화는 파선에 의해, 각각 나타나 있다. 횡축에 있어서, 기호 O는, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태(Open)로 변화되어 유량의 제어가 개시된 때를 나타낸다. 또한, 기호 C는, 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태(Close)로 변화되어 유량의 제어가 정지된 때를 나타낸다. 이 예에 있어서, 기호 O에 의해 나타내어진 시각까지는 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄되어 있고, 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서의 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 모두 동등한 값에 있어서 일정하다. 이때의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 값은, 예를 들어 100kPa 이상, 300kPa 이하의 값이다.

[0034] 기호 O에 의해 나타내어진 시각에 도달하면, 유량 제어 밸브(3)가 개방되어 유량의 제어가 개시된다. 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서의 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값(P1)은 변함없지만, 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)은 차압 발생 수단(2c)의 작용에 의해 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)으로부터 저하를 개시한다. 그 후, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 제어 수단(4)의 작용에 의해 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)보다 낮은 값에 있어서 안정되어, 측정 유량이 안정된다. 이때의 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은, 예를 들어 30kPa 이상, 100kPa 이하의 값이다. 기록 수단(5)은, 이와 같이 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 제2 압력의 값을 밸브 개방 시 압력값으로서 기록한다.

[0035] 다음으로, 기호 C에 의해 나타내어진 시각에 도달하면, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄되어 유량의 제어가 정지된다. 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서의 차압 발생 수단(2c)의 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 증가를 개시한다. 그 후, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)과 일치할 때까지 증가하여 안정되어, 측정 유량이 제로가 된다. 기록 수단(5)은, 이와 같이 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 제2 압력의 값을 밸브 폐쇄 시 압력값으로서 기록한다.

[0036] 진단 수단(6)은, 기록 수단(5)에 의해 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)에 기초하여 관리값을 취득한다. 관리값의 취득에 있어서는, 상기 특정 기간에 있어서 샘플링되어 기록 수단(5)에 의해 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)이 사용된다. 즉, 관리값은, 기록 수단(5)에 의해 기록된 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득된다. 이들 기간에 있어서, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 단시간 동안에 감소 또는 증가한다. 이때, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은, 질량 유량 제어 장치(1)에 특유의 시간 변화를 나타낸다. 따라서, 질량 유량 제어 장치(1)의 상태에 변화가 없는 한, 동일한 종류의 유체의 유량을 동일한 온도, 압력 및 설정 유량의 조건에 있어서 제어하는 경우, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 동일한 시간 변화를 나타낸다.

[0037] 관리값은, 기록 수단(5)에 의해 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화를 반영하는 대표값이다. 관리값은, 하류측에 있어서의 유체의 압력값(P2)의 시간 변화에 기초하여 일의적으로 정해지는(취득되는) 대표값이면, 어떠한 대표값을 선택해도 된다. 관리값으로서는, 1종류의 대표값을 선택할 수 있고, 혹은 2종류 이상의 복수의 대표값을 선택할 수도 있다.

[0038] 진단 수단(6)은, 측정 관리값과 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하는(소정의 역치보다 큰) 경우에, 유량계(2)에 이상이 발생하였다고 진단하도록 구성되어 있다. 여기서, 측정 관리값이라 함은, 질량 유량

제어 장치(1)의 운전 시에 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득되는 관리값이다. 한편, 초기 관리값이라 함은, 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때에 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하여 취득되는 관리값이다. 또한, 「유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때」라 함은, 예를 들어 유량계(2)가 제조 후에 질량 유량 제어 장치(1)에 조립되어 처음으로 사용될 때, 및 유량계(2)의 교정(캘리브레이션)이 행해진 후에 처음으로 사용될 때 등을 가리킨다. 따라서, 진단 수단(6)은, 초기 관리값을 기억하는 수단을 갖는다. 질량 유량 제어 장치(1)의 사용을 개시하고 나서 시간이 경과되어도, 질량 유량 제어 장치(1)의 상태에 변화가 없는 한, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 시간 변화에는 재현성이 있고, 관리값은 변화되지 않는다(즉, 측정 관리값은 초기 관리값으로부터 괴리되지 않음).

[0039] 한편, 질량 유량 제어 장치(1)의 상태가 변화되었을 때에는, 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화에도 변화가 발생하므로, 측정 관리값이 초기 관리값으로부터 괴리된다. 질량 유량 제어 장치(1)의 상태의 변화의 구체예로서는, 예를 들어 압력 센서(2a 및 2b)가 나타내는 압력의 값의 경시 변화 및 차압 발생 수단(2c)에 이물이 부착되는 것에 의한 압력 손실의 변화 등, 유량계(2)에 있어서의 이상의 발생을 들 수 있다. 따라서, 질량 유량 제어 장치(1)의 운전 시에 기록 수단(5)에 의해 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)에 기초하여 취득되는 관리값(측정 관리값)과, 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)에 기초하여 취득되는 관리값(초기 관리값) 사이에 소정의 역치를 초과하는(역치보다 큰) 차가 발생한 경우, 유량계(2)에 무언가의 이상이 발생하였다고 생각된다.

[0040] 또한, 상기 「소정의 역치」는, 현재의 관리값(측정 관리값)과 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 관리값(초기 관리값)의 차의 절댓값으로서 허용되는 최댓값이다. 진단 수단(6)은, 이들 관리값의 차의 절댓값이 역치를 초과하였을 때에 유량계(2)에 이상이 발생하였다고 진단한다. 따라서, 역치를 과도하게 작은 값으로 설정하면, 관리값의 근소한 변화에서도 이상이라고 간주되므로, 잘못된 진단을 할 우려가 있다. 한편, 역치를 과도하게 큰 값으로 설정하면, 이상이 발생하였음에도 불구하고 이상의 발생을 검지할 수 없을 우려가 있다. 따라서, 역치는, 적절한 범위로 설정할 필요가 있다. 역치는, 관리값마다 설정할 수 있다. 복수의 종류의 관리값을 동시에 사용할 때에는, 각각의 관리값에 대해 개별의 역치를 설정할 수 있다.

[0041] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)는, 질량 유량 제어 장치(1)의 운전 시에 있어서의 유량 제어 밸브(3)를 개폐하는 타이밍을 이용하여 유량계(2)의 이상의 유무를 상시 진단할 수 있다. 따라서, 유량의 제어를 위한 시간과는 별도로 진단을 위한 시간을 설정할 필요는 없어, 유체를 불필요하게 폐기하는 일 없이 유효하게 이용할 수 있다. 또한, 압력 센서(2a 및 2b)의 이상 및 차압 발생 수단(2c)의 이상 등을 원인으로 하는 유량계(2)의 이상의 발생을 신속하고 또한 간편하게 진단할 수 있다.

[0042] 도 3은, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값의 시간 변화의 예를 나타내는 그래프이다. 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)이 파선에 의해 나타나 있다. dP2/dt의 값은, 예를 들어 일정한 시간 간격으로 기록 수단(5)에 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2) 중 인접하는 2개의 값의 차를 그것들의 시간 간격에 의해 나눔으로써 구할 수 있다.

[0043] 횡축에 기호 O에 의해 나타내어진 시각에 있어서, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되면, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 급격하게 감소하고, dP2/dt의 값은 마이너스의 방향으로 피크를 갖는 파형을 나타낸다. 횡축에 기호 C에 의해 나타내어진 시각에 있어서, 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되면, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은 급격하게 증가하고, dP2/dt의 값은 플러스의 방향으로 피크를 갖는 파형을 나타낸다.

[0044] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 관리값은, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)의 절댓값의 최댓값 및 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)의 절댓값의 최댓값의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 즉, 이 경우, 관리값은, 전술한 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값 및 전술한 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 이들 관리값은, 도 3에 예시된 dP2/dt의 값의 피크의 높이의 절댓값 H1 및 H2에 각각 상당하고, 유량 제어 밸브(3)가 개방되었을 때 및 폐쇄되었을 때의

유량의 시간 변화의 크기를 나타내는 지표가 된다. 유량계(2)에 이상이 있어 유체의 정확한 유량을 나타내지 않는 경우는, 이들 관리값에 변화가 발생한다. 따라서, 이들 관리값(측정 관리값)의 양쪽 또는 어느 한쪽을 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때(예를 들어, 유량계(2)가 제조 후에 질량 유량 제어 장치(1)에 조립되고 처음으로 사용될 때, 및 유량계(2)의 교정(캘리브레이션)이 행해진 후에 처음으로 사용될 때 등)의 대응하는 관리값(초기 관리값)과 대비함으로써, 유량계(2)에 있어서의 이상의 유무를 진단할 수 있다.

[0045] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 관리값은, 유량 제어 밸브(3)에 의한 유량의 제어가 개시되었을 때부터 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)(즉, 밸브 개방 시 압력값)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간 및 유량 제어 밸브(3)에 의한 유량의 제어가 정지되었을 때부터 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)(즉, 밸브 폐쇄 시 압력값)을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 이들 관리값은, 도 3에 기호 O 및 C에 의해 나타내어진 각 시각으로부터 dP2/dt의 값이 피크를 나타내는 시각까지의 시간 Ta1 및 Ta2에 각각 상당하고, 유량 제어 밸브(3)가 개방되었을 때 및 폐쇄되었을 때의 유량의 시간 변화의 속도를 나타내는 지표가 된다. 유량계(2)에 이상이 있어 유체의 정확한 유량을 나타내지 않는 경우는, 이들 관리값에 변화가 발생한다. 따라서, 이들 관리값(측정 관리값)의 양쪽 또는 어느 한쪽을 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 대응하는 관리값(초기 관리값)과 대비함으로써, 유량계(2)에 있어서의 이상의 유무를 진단할 수 있다.

[0046] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 관리값은, 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 그 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간이다. 환언하면, 이 경우, 관리값은, 전술한 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간 및 전술한 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 이들 관리값은, 도 3에 나타내어진 dP2/dt가 피크를 나타내는 시각으로부터dP2/dt의 값이 제로가 되는 시각까지의 시간 Tb1 및 Tb2에 각각 상당하고, 유량 제어 밸브(3)가 개방되었을 때 또는 폐쇄되었을 때의 유량의 시간 변화의 속도를 나타내는 지표가 된다. 유량계(2)에 이상이 있어 유체의 정확한 유량을 나타내지 않는 경우는, 이들 관리값에 변화가 발생한다. 따라서, 이들 관리값(측정 관리값)의 양쪽 또는 어느 한쪽을 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 대응하는 관리값(초기 관리값)과 대비함으로써, 유량계(2)에 있어서의 이상의 유무를 진단할 수 있다.

[0047] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 관리값은, 기록 수단(5)이 기록한 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)의 반값폭이다. 환언하면, 이 경우, 관리값은, 전술한 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭 및 전술한 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭의 양쪽 또는 어느 한쪽이다. 이들 관리값은, 도 3에 나타내어진 dP2/dt의 피크의 파형에 있어서, dP2/dt의 값이 최댓값의 절반의 값을 나타내는 2점 사이의 시간 W1 및 W2에 각각 상당하고, 유량 제어 밸브(3)가 개방되었을 때 또는 폐쇄되었을 때의 유량의 시간 변화의 속도를 나타내는 지표가 된다. 유량계(2)에 이상이 있어 유체의 정확한 유량을 나타내지 않는 경우는, 이들 관리값에 변화가 발생한다. 따라서, 이들 관리값(측정 관리값)의 양쪽 또는 어느 한쪽을 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 대응하는 관리값(초기 관리값)과 대비함으로써, 유량계(2)에 있어서의 이상의 유무를 진단할 수 있다.

[0048] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 유량계(2)는, 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값(P1)을 측정하는 압력 센서(제1 센서)(2a) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 측정하는 압력 센서(제2 센서)(2b)를 갖는다. 이 구성에 있어서, 유량계(2)는, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 각각 개별의 압력 센서(2a 및 2b)에 의해 측정하고, 이들 값(예를 들어, 이들 값의 차(P1-P2) 등)에 기초하여 유체의 유량을 측정한다. 2개의 압력 센서(2a 및 2b)로서, 동일한 구성을 갖는 압력 센서를 사용할 수 있다.

[0049] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 유량계(2)는, 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(제1 압력)의 값(P1)을 측정하는 압력 센서(제1 센서)(2a) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 측정하는 압력 센서(제2 센서)(2b) 중 어느 한쪽과, 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1)과 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 차를 측정하는 차압 센서(제3 센서)를 갖는다. 이 구성에 있어서, 유량계(2)는, 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P1) 및 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 차(P1-P2)를 1대의 차압 센서(제3 센서)에 의해 측정하고, 그 값에 기초하여 유체의 유량을 측정한다. 본 발명의 실시에 필요한 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)은, 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값을 측정하는 압력

센서(제2 센서)(2b)에 의해 직접 측정하거나, 또는 상류측에 있어서의 유체의 압력의 값을 측정하는 압력 센서(제1 센서)(2a)에 의해 측정된 상류측에 있어서의 유체의 압력(P1)과 차압 센서(제3 센서)에 의해 측정된 압력의 차(P1-P2)에 기초하여 계산에 의해 구할 수 있다.

[0050] 도 4는, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치의 구성예를 도시하는 모식도이다. 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치(1)는 유로(2d)에 있어서 유량계(2)의 상류측에 인접하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브(7)를 더 갖는다. 기계식 압력 조절 밸브(7)는, 기계적인 기구에 의해 유체의 압력을 일정한 값으로 유지하는 기능을 갖는다. 이 압력의 제어는, 제어 수단(4)에 의해 실행되는 유량의 제어와는 독립적으로 실행되어, 유량의 제어로부터의 간섭을 받지 않는다. 따라서, 이 실시 형태에 있어서는 차압 발생 수단(2c)의 상류측에 있어서의 유체의 압력(제1 압력)의 값(P1)은 항시 일정한 값으로 유지되므로, 질량 유량 제어 장치(1)에 의한 유량의 제어가 안정된다. 또한, 진단 수단(6)에 의한 유량계(2)의 진단의 정밀도를 높일 수 있다.

[0051] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 유량 제어 밸브(3)는, 유량계(2)의 하류측에 배치된다. 유량 제어 밸브(3)를 유량계(2)의 하류측에 배치함으로써, 유량 제어 밸브(3)를 폐쇄하였을 때의 유체의 흐름을 순시에 차단할 수 있어, 유체를 불필요하게 폐기할 필요가 없으므로 바람직하다. 이 실시 형태에 있어서, 질량 유량 제어 장치(1)는 유량계(2)의 상류측에 인접하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브(7)를 갖는 것이, 유량의 제어의 안정성을 확보하는 관점에서, 더 바람직하다.

[0052] 본 발명의 바람직한 실시 형태에 있어서, 진단 수단(6)은, 유량계(2)에 이상이 발생하였다고 진단하였을 때에 이상 신호(6a)를 출력하도록 구성되어 있다. 이상 신호(6a)는, 예를 들어 도 1 및 도 4에 예시된 바와 같이, 질량 유량 제어 장치(1)의 외부에 출력되는 전기 신호로 할 수 있다. 이상 신호(6a)가 출력되었을 때, 질량 유량 제어 장치(1) 또는 그 외부에 설치된 다른 기기에 의해, 유량계(2)에 이상이 발생한 것을 작업자에게 인식시킬 수 있는 표시 또는 음성에 의한 경고를 발생시킬 수 있다. 이에 의해, 작업자는, 경고가 이루어진 질량 유량 제어 장치(1)의 사용을 정지하거나, 검사 또는 교환을 위해 떼어내거나 할 수 있다.

[0053] 이상 신호(6a)는 또한, 질량 유량 제어 장치(1)의 하류측에 설치된 반도체 제조 장치에 출력되고, 반도체 제조 장치에 이상의 발생을 경고하여, 운전을 일시적으로 중지하기 위한 트리거로서 사용할 수 있다. 이 구성에 의하면, 유량계(2)의 이상의 발생에 기인하여 설정 유량과는 상이한 유량의 유체가 반도체 제조 장치에 공급되는 것을 미연에 방지할 수 있다.

[0054] 본 명세서의 첫머리에서 설명한 바와 같이, 본 발명은, 질량 유량 제어 장치뿐만 아니라, 질량 유량 제어 장치를 구성하는 차압식 유량계의 진단 방법에도 관한 것이다. 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 본 발명의 상술한 실시 형태를 비롯한 다양한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치에 적용되고, 당해 질량 유량 제어 장치에 의해 실행된다.

[0055] 즉, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 유체의 유로에 개재 장착된 차압 발생 수단의 상류측에 있어서의 유체의 압력인 제1 압력의 값 및 차압 발생 수단의 하류측에 있어서의 유체의 압력인 제2 압력의 값에 기초하여 유체의 유량을 측정하도록 구성된 유량계와, 유체의 유량을 제어하도록 구성된 유량 제어 밸브와, 유량계에 의해 측정된 유체의 유량인 측정 유량이 유체의 유량의 목표값인 설정 유량과 일치하도록 유량 제어 밸브에 제어 신호를 출력하도록 구성된 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치에 적용된다.

[0056] 상기 질량 유량 제어 장치는, 제2 압력의 값을 기록하도록 구성된 기록 수단과, 기록 수단에 의해 기록된 제2 압력의 값에 기초하여 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하도록 구성된 진단 수단을 더 갖는다.

[0057] 상기한 바와 같은 질량 유량 제어 장치의 구성에 대해서는, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 대해 상술한 설명에 있어서 이미 상세하게 설명하였으므로, 여기서는 설명을 반복하지 않는다. 그러나, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 예를 들어 도 1 및 도 4를 참조하면서 설명한 본 발명의 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치를 비롯한, 본 발명의 다양한 실시 형태에 관한 질량 유량 제어 장치에 적용될 수 있다.

[0058] 즉, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 차압식 유량계의 진단 방법이 적용되는 질량 유량 제어 장치에 있어서, 유량계는, 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서를 갖도록 구성될 수 있다. 혹은, 유량계는, 제1 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제1 센서 및 제2 압력의 값을 측정하는 압력 센서인 제2 센서 중 어느 한쪽과, 제1 압력의 값과 제2 압력의 값의 차를 측정하는 차압 센서인 제3 센서를 갖도록 구성될 수도 있다.

[0059] 또한, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법이 적용되는 질량 유량 제어 장치는, 유량계의 상류측에 인접

하여 배치되는 기계식 압력 조절 밸브를 더 갖도록 구성될 수 있다. 또한, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법이 적용되는 질량 유량 제어 장치에 있어서, 유량 제어 밸브는 유량계의 하류측에 배치될 수 있다.

[0060] 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 상기한 바와 같은 구성을 갖는 질량 유량 제어 장치에 있어서, 상기 유량계에 이상이 발생하였는지 여부를 판정하는, 차압식 유량계의 진단 방법이며,

[0061] 상기 유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 상기 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 개방 시 압력값 및 상기 유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 상기 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 상기 제2 압력의 값인 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽을 상기 기록 수단이 기록하는 것과,

[0062] 상기 밸브 개방 시 압력값 및 상기 밸브 폐쇄 시 압력값의 양쪽 또는 어느 한쪽에 기초하는 관리값인 측정 관리값과 상기 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때의 상기 관리값인 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하는 경우에 상기 유량계에 이상이 발생하였다고 상기 진단 수단이 진단하는 것을

[0063] 포함하는, 차압식 유량계의 진단 방법이다.

[0064] 상기한 바와 같이, 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 의하면, 질량 유량 제어 장치(1)의 운전 시에 있어서의 유량 제어 밸브(3)를 개폐하는 타이밍을 이용하여 유량계(2)의 이상의 유무를 상시 진단할 수 있다. 따라서, 유량의 제어를 위한 시간과는 별도로 진단을 위한 시간을 설정할 필요는 없어, 유체를 불필요하게 폐기하는 일 없이 유효하게 이용할 수 있다. 또한, 압력 센서(2a 및 2b)의 이상 및 차압 발생 수단(2c)의 이상 등을 원인으로 하는 유량계(2)의 이상의 발생을 신속하고 또한 간편하게 진단할 수 있다.

[0065] 또한, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 대해 상술한 설명에 있어서 설명한 바와 같이, 관리값은, 기록 수단(5)에 의해 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화를 반영하는 대표값이다. 관리값은, 하류측에 있어서의 유체의 압력값(P2)의 시간 변화에 기초하여 일의적으로 정해지는(취득되는) 대표값이면, 어떠한 대표값을 선택해도 된다. 관리값으로서는, 1종류의 대표값을 선택할 수 있고, 혹은 2종류 이상의 복수의 대표값을 선택할 수도 있다.

[0066] 즉, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 있어서, 관리값은, 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값 및 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값의 최댓값의 양쪽 또는 어느 한쪽일 수 있다.

[0067] 혹은, 관리값은, 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 개시되었을 때부터 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간 및 유량 제어 밸브에 의한 유량의 제어가 정지되었을 때부터 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽일 수 있다.

[0068] 혹은, 관리값은, 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간 및 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 절댓값이 최대가 되었을 때부터 당해 절댓값이 제로가 될 때까지의 시간의 양쪽 또는 어느 한쪽일 수 있다.

[0069] 혹은, 관리값은, 밸브 개방 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭 및 밸브 폐쇄 시 압력값을 시간에 대해 미분한 값의 반값폭의 양쪽 또는 어느 한쪽일 수 있다.

[0070] 이들 바람직한 실시 형태에 있어서의 다양한 관리값에 대한 상세 및 그들 관리값에 의해 달성되는 효과에 대해서는, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 대해 상술한 설명에 있어서 이미 상세하게 설명하였으므로, 여기서는 설명을 반복하지 않는다.

[0071] 도 5는, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 있어서 실행되는 차압식 유량계의 진단 방법에 있어서의 진단 알고리즘의 예를 나타내는 흐름도이다. 이 예에 있어서, 진단 알고리즘은, 예를 들어 질량 유량 제어 장치(1)의 기동 또는 유량 제어 밸브(3)에의 제어 신호(4a)의 출력을 트리거로 하여 개시하도록 구성되어 있다. 진단 알고리즘은, 먼저, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되었는지 여부를 판단한다(스텝 S11). 상기 상태 변화가 확인되었을 때에는, 진단 알고리즘은 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)(즉, 밸브 개방 시 압력값)의 기록을 개시한다(스텝 S12). 다음으로, 진단 알고리즘은, 측정 유량이 안정되었는지 여부를 판단한다(스텝 S13). 측정 유량이 안정되었을 때, 진단 알고리즘은 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 기록을 정지하고(스텝 S14), 스텝 S12에 있어서 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력값

(P2)으로부터 관리값(즉, 측정 관리값)을 취득한다(스텝 S31).

[0072] 한편, 상기 스텝 S11에 있어서 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 있지 않다고 판단한 경우(스텝 S11: "아니오"), 진단 알고리즘은, 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되었는지를 판단한다(스텝 S21). 상기 상태 변화가 확인되었을 때에는, 진단 알고리즘은 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)(즉, 밸브 폐쇄 시 압력값)의 기록을 개시한다(스텝 S22). 다음으로, 진단 알고리즘은, 측정 유량이 제로가 되었는지 여부를 판단한다(스텝 S23). 측정 유량이 제로가 되었을 때, 진단 알고리즘은 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)의 기록을 정지하고(스텝 S24), 상술한 바와 같이, 스텝 S22에 있어서 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)으로부터 관리값(즉, 측정 관리값)을 취득한다(스텝 S31).

[0073] 그리고, 스텝 S31에 있어서 취득된 측정 관리값과, 유량계에 이상이 발생하지 않았을 때에 밸브 개방 시 압력값에 기초하여 미리 취득되어 기록되어 있던 관리값인 초기 관리값의 차의 절댓값이 소정의 역치를 초과하였는지 여부를 판단한다(스텝 S32). 상기 절댓값이 역치를 초과하였을 때에는, 진단 알고리즘은 유량계(2)에 이상이 발생하였다고 진단한다(스텝 S33). 상기 절댓값이 역치를 초과하지 않았을 때에는, 진단 알고리즘은 스텝 S11로 되돌아간다.

[0074] 상기 진단 알고리즘의 예로부터도 명백한 바와 같이, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치 및 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 의하면, 유량계(2)의 이상의 발생의 유무를 진단할 때 특별한 프로세스를 필요로 하는 일 없이, 통상의 운전에 있어서의 유량 제어 밸브(3)의 개폐 동작의 타이밍을 이용하여 진단을 실행할 수 있다. 따라서, 종래의 질량 유량 제어 장치에 비해 동작이 단순하여, 유량 제어 밸브(3)의 고장 기회를 저감시킬 수 있다. 또한, 진단을 위해서만 사용한 유체를 본래의 목적으로 이용하는 일 없이 불필요하게 폐기할 우려가 없다.

[0075] 또한, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관한 차압식 유량계의 진단 방법은, 유량계에 이상이 발생하였다고 진단하였을 때에 진단 수단이 이상 신호를 출력하는 것을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 진단 알고리즘은, 예를 들어 도 6의 흐름도에 나타낸 바와 같이, 스텝 S33에 있어서 유량계(2)에 이상이 발생하였다고 진단한 후, 이상 신호(6a)를 출력한다(스텝 S34). 이 바람직한 실시 형태에 있어서의 이상 신호의 출력에 의해 달성되는 효과에 대해서는, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1)에 대해 상술한 설명에 있어서 이미 상세하게 설명하였으므로, 여기서는 설명을 반복하지 않는다.

[0076] 실시예

[0077] 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치를 1대 준비하였다. 이 질량 유량 제어 장치(1)의 정격 유량은, 질소 가스에 있어서 300sccm(standard cubic centimeter)이며, 유량계(2)는 정확한 유량을 나타내도록 미리 교정되어 있었다. 주위 온도를 24℃로 유지한 환경에 있어서, 질량 유량 제어 장치(1)의 입구측에 질소 가스를 공급하고, 출구측의 압력은 진공으로 하였다. 그리고, 설정 유량을 정격 유량의 100%로 설정하고, 유량 제어 밸브(3)가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화되어 유량의 제어가 개시되었을 때부터 측정 유량이 안정될 때까지의 기간에 있어서의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 10ms의 간격으로 측정하여, 밸브 개방 시 압력값으로서 기록 수단(5)에 기록하였다.

[0078] 다음으로, 상기 조건인 채로 질소 가스를 20초간 흐르게 한 후, 설정 유량을 0%로 변경하고, 유량 제어 밸브(3)가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화되어 유량의 제어가 정지되었을 때부터 측정 유량이 제로가 될 때까지의 기간에 있어서의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)을 10ms의 간격으로 측정하여, 밸브 폐쇄 시 압력값으로서 기록 수단(5)에 기록하였다. 기록 수단(5)에 기록된 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값 각각에 대해, 시간에 대해 미분한 값(dP2/dt)을 계산하고, dP2/dt의 절댓값의 최댓값을 관리값으로서 각각 구하였다. 이와 같이 하여 취득된 밸브 개방 시 및 밸브 폐쇄 시에 있어서의 관리값은 상술한 초기 관리값에 상당한다. 구해진 초기 관리값을 표 1에 나타낸다.

[0079] 다음으로, 유량계(2)의 스판을 변경하여, 유량계(2)에 의해 측정되는 질소 가스의 유량에 -5.0%의 오차가 발생하도록 조정을 행함으로써, 유량계(2)에 이상이 발생한 상태를 인위적으로 만들어 냈다. 이 상태에 있어서, 상기와 마찬가지의 순서에 따라서 질량 유량 제어 장치(1)에 질소 가스를 흐르게 하거나 정지하거나 하였을 때(즉, 밸브 개방 시 및 밸브 폐쇄 시)의 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)을 10ms의 간격으로 측정하고, 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값으로서 기록 수단(5)에 각각 기록하였다. 제어 수단(4)은, 유량계(2)의 측정 유량에 기초하여 질소 가스를 더 많이 흐르게 하려고 하였으므로, 측정 유량이 안정되

었을 때의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)은 유량계(2)의 스판을 변경하기 전보다 낮아졌다. 또한, 유량계(2)에 의해 측정되는 질소 가스의 유량에 -10.0%의 오차가 발생하도록 조정을 행하여 마찬가지의 측정을 행하였다. 각각의 측정에 있어서 기록된 하류측에 있어서의 유체의 압력의 값(P2)(즉, 밸브 개방 시 압력값 및 밸브 폐쇄 시 압력값)에 기초하여 취득된 관리값(측정 관리값)을 표 1에 나타낸다.

표 1

[0080]

	유량계의 오차		
	0% (초기 관리값)	-5.0% (측정 관리값)	-10.0% (측정 관리값)
밸브 개방 시 압력값에 기초하는 관리값	430	438	456
밸브 폐쇄 시 압력값에 기초하는 관리값	394	425	448

[0081] 표 1에 나타낸 실시예로부터, 본 발명에 관한 질량 유량 제어 장치(1) 및 본 발명에 관한 차압식 유량계의 진단 방법에 의하면, 유량계(2)에 이상이 발생하면, 유량 제어 밸브(3)를 개방하였을 때(밸브 개방 시), 또는 폐쇄하였을 때(밸브 폐쇄 시)에 있어서의 하류측에 있어서의 유체의 압력(제2 압력)의 값(P2)의 시간 변화에 기초하여 취득된 관리값(측정 관리값)이 유량계(2)에 이상이 발생하지 않았을 때의 관리값(초기 관리값)과는 상이한 값을 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서, 밸브 개방 시 및 밸브 폐쇄 시의 양쪽 또는 어느 한쪽에 있어서의 측정 관리값을 상시 감시하여 초기 관리값과 비교함으로써, 질량 유량 제어 장치(1)의 유량계(2)에 이상이 발생하였는지 여부를 신속하고 또한 간편하게 진단할 수 있다.

부호의 설명

[0082] 1 : 질량 유량 제어 장치

2 : 차압식 유량계

2a : 상류측의 압력 센서(제1 센서)

2b : 하류측의 압력 센서(제2 센서)

2c : 차압 발생 수단

2d : 유로

3 : 유량 제어 밸브

3a : 액추에이터

3b : 밸브

4 : 제어 수단

4a : 제어 신호

5 : 기록 수단

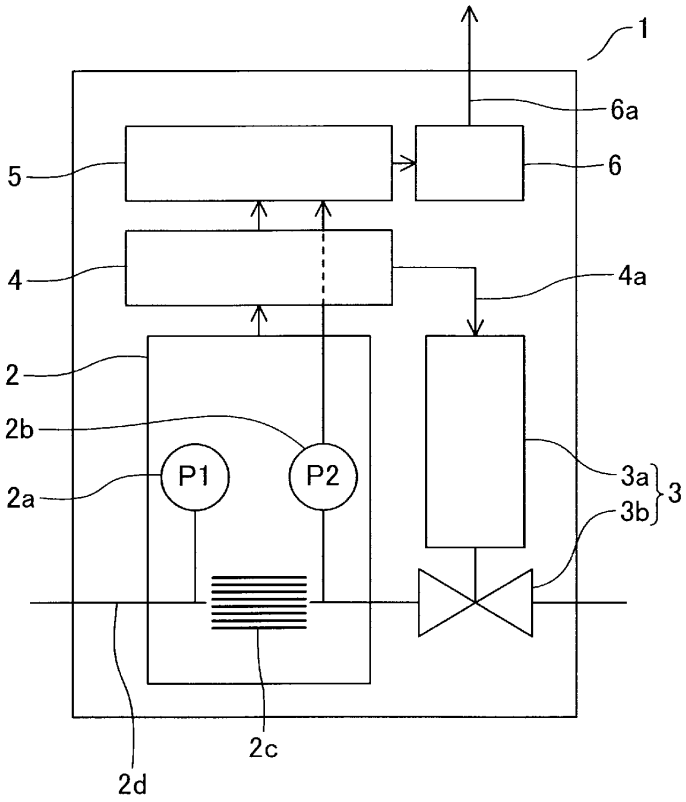
6 : 진단 수단

6a : 이상 신호

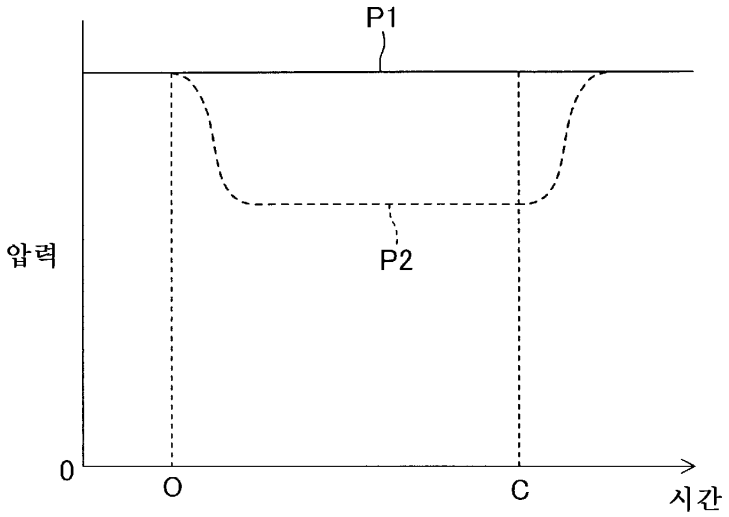
7 : 기계식 압력 조절 밸브

도면

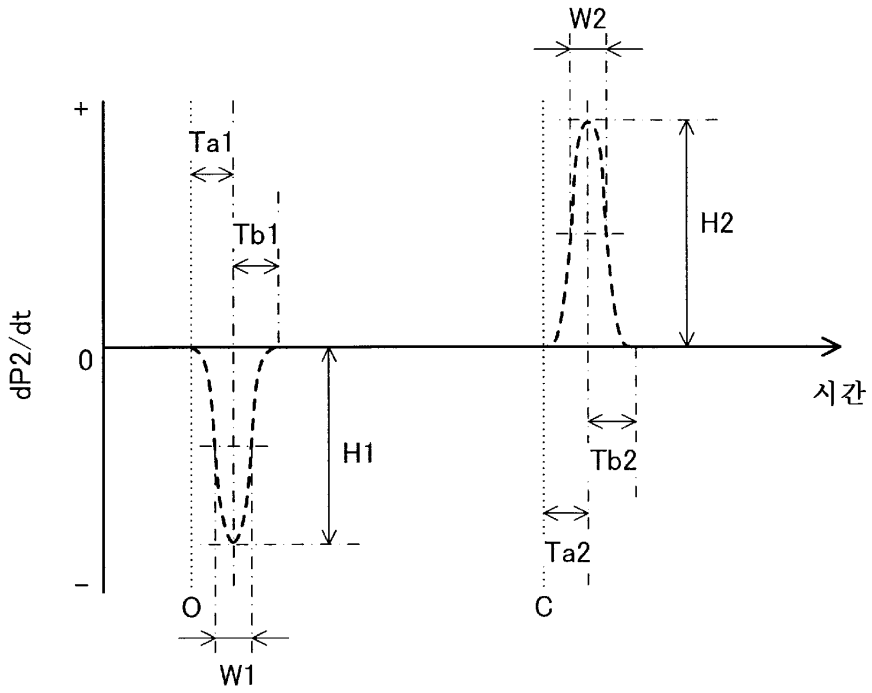
도면1



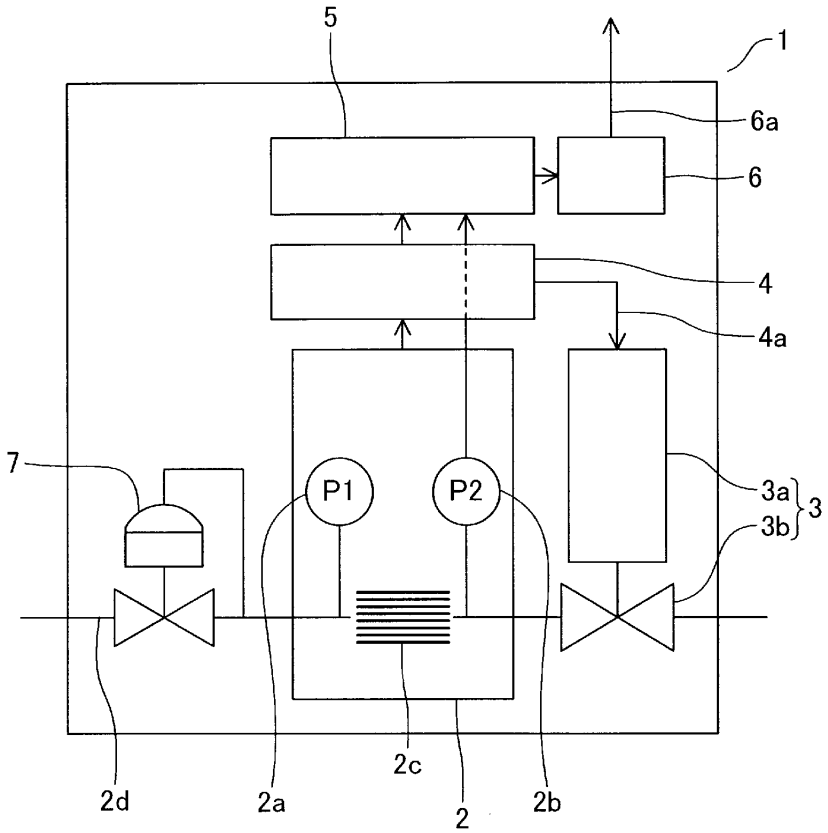
도면2



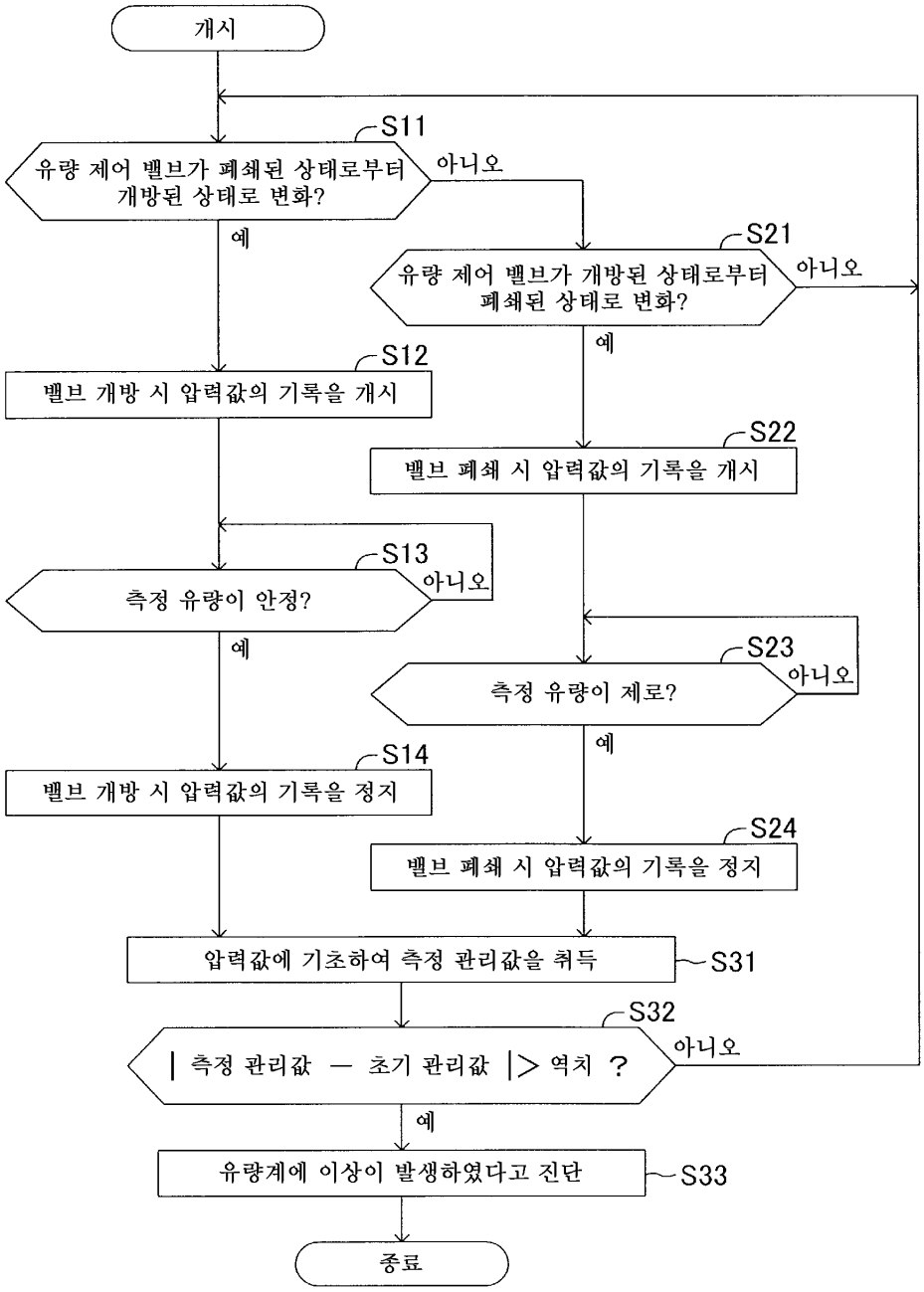
도면3


W2
+
Ta1
Tb1
H2
dP2/dt
0
시간
H1
Tb2
Ta2
O
C
W1
-

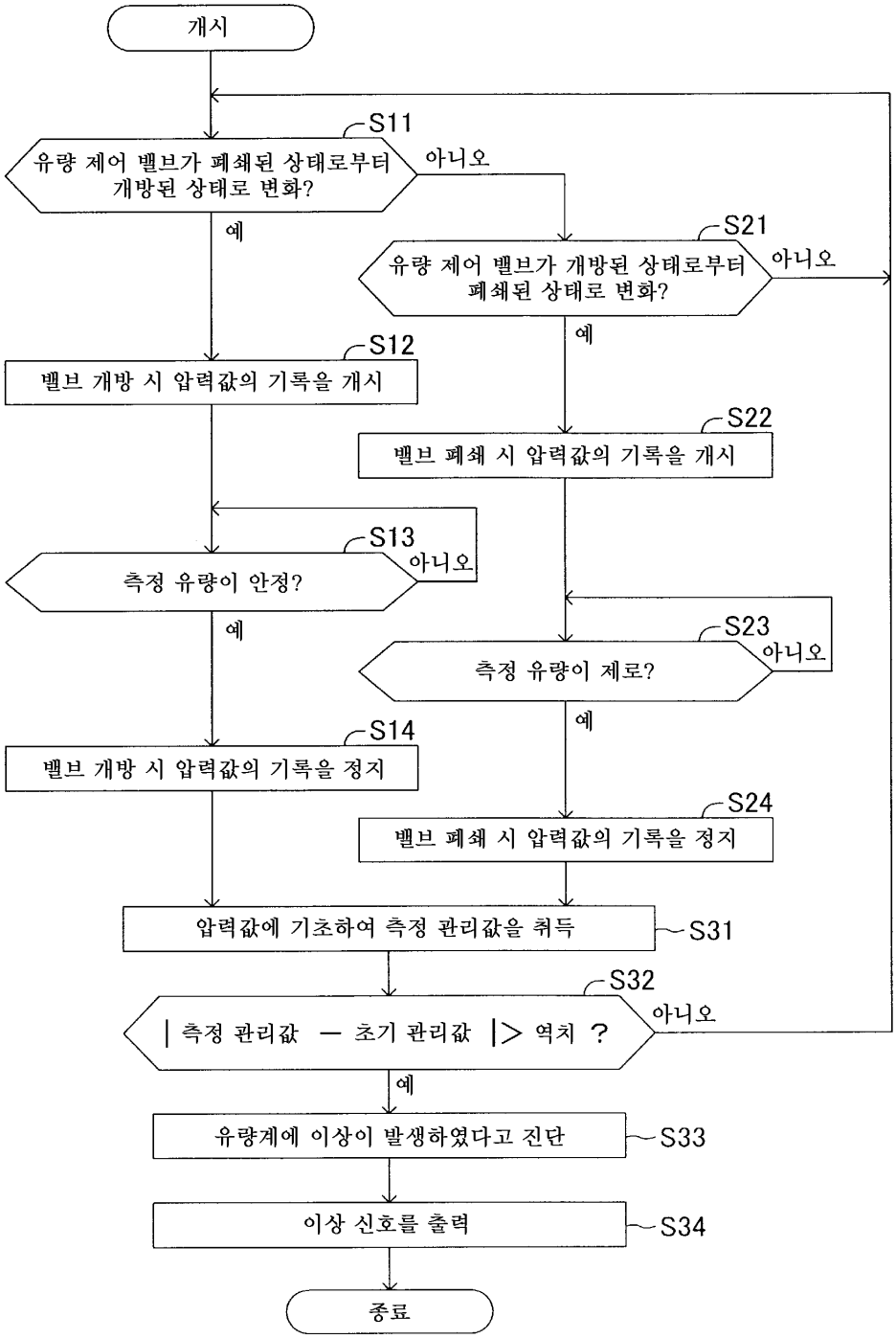
도면4


5
1
6a
6
4
4a
7
P1
P2
3a
3b
3
2c
2d
2a
2
2b

도면5


개시
S11
유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화?
아니오
예
S21
유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화?
아니오
예
S12
밸브 개방 시 압력값의 기록을 개시
S22
밸브 폐쇄 시 압력값의 기록을 개시
S13
측정 유량이 안정?
아니오
예
S23
측정 유량이 제로?
아니오
예
S14
밸브 개방 시 압력값의 기록을 정지
S24
밸브 폐쇄 시 압력값의 기록을 정지
압력값에 기초하여 측정 관리값을 취득
S31
S32
| 측정 관리값 — 초기 관리값 |> 역치 ?
아니오
예
유량계에 이상이 발생하였다고 진단
S33
종료

도면6


개시
S11
유량 제어 밸브가 폐쇄된 상태로부터 개방된 상태로 변화?
아니오
예
S21
유량 제어 밸브가 개방된 상태로부터 폐쇄된 상태로 변화?
아니오
예
S12
밸브 개방 시 압력값의 기록을 개시
S22
밸브 폐쇄 시 압력값의 기록을 개시
S13
측정 유량이 안정?
아니오
예
S23
측정 유량이 제로?
아니오
예
S14
밸브 개방 시 압력값의 기록을 정지
S24
밸브 폐쇄 시 압력값의 기록을 정지
압력값에 기초하여 측정 관리값을 취득
S31
S32
| 측정 관리값 − 초기 관리값 |> 역치 ?
아니오
예
유량계에 이상이 발생하였다고 진단
S33
이상 신호를 출력
S34
종료