



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년04월19일
(11) 등록번호 10-1136841
(24) 등록일자 2012년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 7/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7029193
(22) 출원일자(국제) 2007년04월27일
심사청구일자 2010년04월14일
(85) 번역문제출일자 2008년11월28일
(65) 공개번호 10-2009-0007470
(43) 공개일자 2009년01월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/067593
(87) 국제공개번호 WO 2007/127897
국제공개일자 2007년11월08일
(30) 우선권주장
11/413,780 2006년04월28일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20030236592 A1
KR1020050044773 A

(73) 특허권자
히타치 긴조쿠 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 미나토구 시바우라 1쵸메 2반 1고
(72) 발명자
스미르노프 알렉세이
미국 콜로라도 80525 포트콜린스 맨스필드 닥터
931
(74) 대리인
백덕열

전체 청구항 수 : 총 25 항

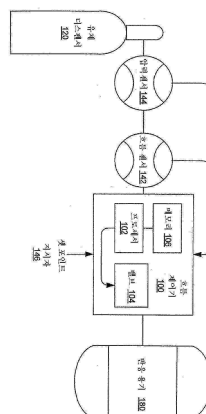
심사관 : 문형섭

(54) 발명의 명칭 적응성 응답 시간 페 루프 제어 알고리즘

(57) 요약

적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용한 유체 제어 장치 및 방법이 기술된다. 하나의 실시예는 센서에 의해 생성된 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표를 수신하는 방법을 포함한다. 적어도 하나의 문턱치가 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표에 기초하여 만족될 때 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은 수정된다. 페-루프-제어 알고리즘은 유체 제어기에 의해 실행되며, 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 적어도 하나의 파라미터를 조정하여 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간의 수정에 응답하여 안정화된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

질량 유량 제어기가 반응 용기로의 유체의 흐름을 제어하는 동안 질량 유량 제어기의 응답 시간을 적응시키기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

유체의 소망 유속을 나타내는 설정 포인트 지표를 수취하고;

센서에 의해 생성되고, 상기 용기에 방출되는 유체의 유속을 나타내는 센서 지표를 수취하고;

폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 저속 모드로 바이어스 시키고;

적어도 하나의 문턱 조건이 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표의 적어도 하나에 기초하여 만족될 때 폐-루프-제어 알고리즘을 고속 모드로 수정하고, 상기 폐-루프-제어 알고리즘은, 소망 유속을 제공하기 위해 질량 유량 제어기의 밸브가 변경되는 비율에 영향을 미치고;

상기 폐-루프-제어 알고리즘을 다시 저속 모드로 점진적으로 수정하고;

상기 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 적어도 하나의 파라미터를 조정함으로써 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간의 수정에 응답하여 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키는 것을 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 센서 지표 또는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나의 변화를 검출하는 것을 더 포함하며, 적어도 하나의 문턱 조건이 상기 변화에 의해 만족되는, 유체의 흐름을 제어하기 위한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나의 변화율을 검출하는 것을 더 포함하고, 적어도 하나의 문턱 조건이 상기 변화율에 의해 만족되는, 유체의 흐름을 제어하기 위한 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 문턱 조건은 유속 에러 값에 기초하고, 상기 유속 에러 값은 유체 흐름 설정 포인트와 유체의 유속 간의 차이인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 수정은, 유량 제어를 통과하는 유체의 유속의 변화에 응답하여 가속하거나 또는 감속하는 것을 포함하는, 유체의 흐름을 제어하기 위한 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 수정은 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 적어도 하나의 필터를 수정하는 것을 포함하는, 유체의 흐름을 제어하기 위한 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 수정은 피드백 필터와 관련된 시정수를 조정함으로써 피드백 필터의 응답 시간을 가속하는 것을 포함하고, 상기 피드백 필터는 폐-루프-제어 알고리즘과 관련되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 튜닝 파라미터인 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 안정화는 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나에 기초하여 안정화하는 것을 포함하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 폐-루프-제어 알고리즘은, 비례 제어, 적분 제어, 또는 미분 제어 중 적어도 하나에 기초하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 센서는 유량 센서, 타이머, 압력 센서 또는 온도 센서 중 적어도 하나인 방법.

청구항 12

질량 유량 제어기가 처리 용기로의 유체의 흐름을 제어하는 동안 질량 유량 제어기의 응답 시간을 적응시키기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

유체의 소망 유속을 나타내는 설정 포인트 지표를 수취하고;

센서에 의해 생성되고, 상기 용기에 방출되는 유체의 유속을 나타내는 센서 지표를 수취하고;

폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 저속 모드로 바이어스시키고;

질량 유량 제어기가 처리 용기로의 유체의 흐름을 제어하는 동안, 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표의 적어도 하나에 기초하여 피드백 필터를 저속 모드로부터 고속 모드로 수정하고, 상기 피드백 필터는 폐-루프-제어 알고리즘과 관련되고, 상기 폐-루프-제어 알고리즘은 유량 제어기와 관련되고;

상기 피드백 필터를 다시 저속 모드로 수정하고

상기 피드백 필터의 수정에 기초하여 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 튜닝 파라미터를 변경하고, 상기 튜닝 파라미터는 피드백 필터가 수정될 때 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키도록 변경되는 것을 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나에 기초하여 적응 계인을 수정하는 것을 더 포함하고, 상기 적응 계인은 유량 제어기와 관련된 적어도 하나의 비선형 특성을 보장하도록 폐-루프-제어 알고리즘에 사용되는 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 피드백 필터의 수정은, 피드백 필터와 관련된 시정수를 조정함으로써 피드백 필터와 관련된 응답 시간을 수정하는 것을 포함하는 방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 폐-루프-제어 알고리즘은, 비례 제어, 적분 제어 또는 미분 제어 중 적어도 하나에 기초하는 방법.

청구항 16

제12항에 있어서, 상기 튜닝 파라미터는 폐-루프-제어 알고리즘의 적분 제어 부분과 관련되는 방법.

청구항 17

제12항에 있어서, 상기 센서는 유량 센서, 타이머, 압력 센서 또는 온도 센서 중 적어도 하나인 방법.

청구항 18

제12항에 있어서, 상기 피드백 필터의 수정은, 유량 제어기를 통과하는 유체의 유속의 변화에 응답하여 수정하는 것을 포함하는 방법.

청구항 19

제12항에 있어서, 상기 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은, 피드백 필터가 고속 모드에 있을 때와 피드백 필터가 저속 모드에 있을 때가 상이한 방법.

청구항 20

제12항에 있어서, 상기 피드백 필터의 수정은, 상기 센서 지표 또는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나와 관련된 적어도 하나의 문턱 값을 참조하여 수정하는 것을 포함하는 방법.

청구항 21

제12항에 있어서, 상기 피드백 필터의 수정은, 유량 제어기를 통과하는 유체의 유속의 변화에 응답하여 피드백 필터를 점진적으로 수정하는 것을 포함하는 방법.

청구항 22

질량 유량 제어기로서,

폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 저속 모드로 바이어스 시키고 또한 적어도 하나의 문턱 값이, 처리 용기로 방출되는 유체의 유속을 나타내는 센서에 의해 생성된 센서 지표 또는 유체의 소망 유속을 나타내는 설정 포인트 지표 중 적어도 하나에 기초하여 만족될 때 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 저속 모드로부터 고속 모드로 수정하도록 구성되고, 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 피드백 필터 및 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 튜닝 파라미터를 수정함으로써 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 변경하고, 상기 폐-루프-제어 알고리즘을 다시 저속 모드로 점진적으로 수정하는, 프로세서; 및

상기 피드백 필터와 상기 튜닝 파라미터 중 적어도 하나와 관련된 파라미터를 저장하도록 구성되는 메모리를 포함하고,

상기 프로세서는 상기 메모리로부터 상기 파라미터를 액세스하는, 질량 유량 제어기.

청구항 23

제22항에 있어서, 제어 지표에 응답하여 개폐되도록 구성되는 밸브를 더 포함하고, 상기 제어 지표는 폐-루프-제어 알고리즘에 기초하여 상기 프로세서에 의해 생성되는, 질량 유량 제어기.

청구항 24

제22항에 있어서, 상기 센서는 유량 센서, 타이머, 압력 트랜스듀서 또는 온도 센서 중 적어도 하나인, 질량 유량 제어기.

청구항 25

제22항에 있어서, 적어도 하나의 문턱 값을 저장하도록 구성된 메모리를 더 포함하고, 상기 프로세서는 상기 메모리로부터 적어도 하나의 문턱 값을 액세스하도록 구성되는, 질량 유량 제어기.

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

명세서

기술 분야

본 발명은 제어 시스템에 관한 것이며, 제한적이지는 않지만, 특히, 본 발명은 적응 폐-루프-제어 알고리즘을

사용한 유체의 흐름을 제어하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 페-루프 비례-적분-미분(PID:Proportional-integral-derivative) 제어 알고리즘은, 유체의 흐름에 관한 응용의 제어 요건에 합치하는 응답 시간(예를 들면, 가속 응답 시간)을 갖도록 조정될 수 있다. 그러나, 특정 용도의 요건에 합치하도록, 페-루프 PID 제어 알고리즘의 응답 시간을 조정하는 것은 바람직하지 않은 부작용을 낳을 수 있다. 예를 들어, 갑작스럽게 빨리 응답하도록 고속 알고리즘으로 튜닝된 페-루프 PID 제어 알고리즘은, 유체 흐름이 안정될 때 유체 흐름의 중대한 변화는 노이즈를 포함하는 흐름을 야기할 수 있다. 고속 알고리즘은 고주파 센서, 아날로그/디지털 컨버터(ADC) 양자화, 및 전자적 노이즈를 증폭하여, 노이즈를 포함한 제어 신호를 발생하는 결과로 된다.
- [0003] 한편, 저속 응답 시간을 갖도록 튜닝된 페-루프 PID 제어 알고리즘은, 안정한 유체 흐름에 잡음을 도입하지 않을 수도 있으나, 유체 흐름에서의 중대한 변화(예를 들면, 설정 포인트의 급격한 변화 또는 압력의 변화), 갑작스러운 변화에 대해서는 신속·정확하게 보정할 수 없을 수도 있다. 고속 또는 저속 응답 시간 알고리즘만의 실행과 관련된 문제들은, 예컨대 유량 제어기 성분의 비선형성 또는 유량 센서의 판독 지연과 같은 비 이상적인 현상에 의해 복잡화될 수 있다. 따라서, 현재의 방법론의 결점을 제거하고 다른 새로운 혁신적인 특징을 제공할 필요성이 존재한다.

발명의 상세한 설명

- [0004] 도면에 나타난 본 발명의 예시적인 실시예들은 이하와 같이 요약된다. 이들 및 다른 실시예들은 상세한 설명란에서 보다 완전히 기술된다. 그러나, 본 발명이 발명의 개요 또는 상세한 설명란에 기술된 형태로 제한된다는 뜻은 아님을 이해하여야 할 것이다. 당업자라면 본 청구범위에 나타난 발명의 사상 및 범주안에 있는 많은 변형, 균등 및 대체 구성을 인식할 수 있을 것이다.
- [0005] 본 발명은 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용하는 유체 흐름을 제어하기 위한 장치 및 방법을 제공할 수 있다. 하나의 실시예에서, 어떤 방법은 센서에 의해 생성된 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표를 수용하는 것을 포함한다. 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은, 적어도 하나의 문턱 조건이 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표에 기초하여 만족될 때 수정된다. 유량 제어기에 의해 실행되는, 페-루프-제어 알고리즘은 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 적어도 하나의 파라미터를 조정하여 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간의 수정에 응답하여 안정화된다.
- [0006] 또 다른 실시예에서는, 어떤 방법은 센서에 의해 생성된 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표를 수취한다. 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 피드백 필터는 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표에 기초하여 제1 모드로부터 제2 모드로 수정된다. 페-루프-알고리즘은 유량 제어기와 관련된다. 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 튜닝 파라미터는 피드백 필터가 수정될 때 페-루프-제어 알고리즘을 안정화시키도록 변경된다.
- [0007] 또한 또 다른 실시예에서, 어떤 장치는 프로세서와 밸브를 포함한다. 프로세서는 하나 이상의 문턱 조건이 설정 포인트 지표 및/또는 센서에 의해 생성된 센서 지표에 기초하여 만족될 때, 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 수정하도록 구성된다. 프로세서는 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 피드백 필터와 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 튜닝 파라미터를 수정함으로써, 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 수정한다. 밸브는 페-루프-제어 알고리즘에 기초하여 프로세서에 의해 생성된 제어 지표에 응답하여 개폐되도록 구성된다.

실시 예

- [0021] 여러 실시예에 따라, 본 발명은 제어기에서 실행되는 적응 페-루프- 알고리즘(예를 들면, 비례-적분-미분(PID) 알고리즘)을 대상으로 한다. 예를 들면, 일부의 실시예에서의 제어기는, 기체 상태(예를 들면 질소) 및/또는 액체 상태(예를 들면 염산)의 어느 유체를, 예를 들면 반도체 설비에 있는 도구로 운반하도록 구성되는 질량(mass) 유량 제어기이다.
- [0022] 페-루프-제어 알고리즘은 여러 가지 실시예에서 응용되어 알고리즘의 응답 시간을 수정하여 변화하는 조건에 적응된다. 예컨대, 적응 알고리즘의 많은 실시예에 따라 동작하는 질량 유량 제어기는, 실제의 유속이 바람직한 유속보다 상당히 느릴 때에는, 고속 응답으로 작동할 수 있고, 실제의 유속이 바람직한 유속에 비교적 가까울

때에는, 노이즈를 일으키는 경향이 적도록 저속 응답으로 작동할 수 있다.

- [0023] 예를 들면 많은 실시예에서, 적응성 알고리즘의 응답시간은 하나 이상의 정해진 문턱 조건들이 하나 이상의 지표들에 기초하여 만족될 때 조정된다. 이들 실시예에서 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은 문턱 조건들이 만족될 때 센서(예를 들면 압력 센서, 유량 센서) 및/또는 설정 포인트 지표로부터 받아들이는 센서 지표에 응답하여 수정된다. 이 센서 지표는 예를 들면, 유량 제어기 내의 밸브에 의해 제어되고 상기 밸브를 통해 흐르는 유체와 관련된 속성(예를 들면 유속)의 값을 나타낸다. 설정 포인트 지표는 예를 들면, 유체의 흐름을 제어할 수 있는 유량 제어기에 의해 사용되는 설정 포인트를 가리킨다.
- [0024] 여러가지 실시예에서, 적어도 하나의 지표들의 값(예를 들면, 설정 포인트 지표 및/또는 센서 지표)이 지표와 관련된 문턱값 아래로 떨어지거나 초과할 때 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은 수정된다. 몇몇 실시예에서, 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은, 센서 지표에 기초한 계산값이 문턱 조건(예를 들면, 특정된 시간 주기 위에서의 최대 허용변화 또는 변화율)을 만족할 때 수정된다. 예를 들면, 어떤 실시예에서 수정은, 문턱 조건을 만족하는 설정 포인트와 센서 지표 사이의 차인 에러 신호에 기초한다. 다른 실시예에서, 적응 폐-루프-알고리즘의 응답 시간은, 적어도 하나의 지표(예를 들면, 설정 포인트 및/또는 센서)에서의 변화의 크기가 문턱치를 초과하거나 그 이하로 떨어질 때 수정된다.
- [0025] 어떤 실시예에서, 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은 예를 들면, 폐-루프-제어 알고리즘과 관련된 필터(예를 들면 피드백 필터)를 가속 및 감속하여 수정된다. 변형예에서는, 응답 시간이 수정될 때, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키기 위해, 적응 폐-루프-제어 알고리즘과 연관된 파라미터(예를 들면 튜닝 파라미터)가 조정된다. 여러 실시예에서, 예를 들면, 적응 게인은 또한, 정의된 문턱 조건에 기초한 센서 지표 및/또는 설정 포인트 지표에 응답하여 수정된다. 어떤 실제 예에서, 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간의 수정은 타이머에 기초한다.
- [0026] 이하 도면을 참조하면, 도 1은, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여, 유체 디스펜서(120)로부터 반응 용기(180)로의 유체의 흐름을 제어하는 유량 제어기(100)를 도시한다. 측정값, 계산값 및/또는 특정값(예를 들면, 압력 지표 값, 설정 포인트 지표 값, 유량 센서 지표 값)에의 변화가 적어도 하나의 문턱 조건을 만족할 때, 적응 폐-루프-제어 알고리즘은, 유량 제어기(100)에 의해, 저속 응답 모드로부터 고속 응답 모드로 또한 그 반대로 수정된다. 유량 제어기(100)는 설정 포인트 값을 사용하여, 저속 또는 고속 응답 모드의 적응 폐-루프-제어 알고리즘에 기초하여, 유체 디스펜서(120)로부터 반응 용기(180)로의 유체 흐름을 제어한다.
- [0027] 어떤 실시예에서는, 유체는 액체(예를 들면, 황산)이고 다른 실시예에서는 기체(예를 들면 질소)이나, 당업자는, 유체 제어기(100)에 의해 운반되는 유체는 예를 들면, 기체 또는 액체와 같은 임의의 상의 원소 및/또는 화합물의 혼합물을 포함하는 임의의 종류의 유체인 것을 이해할 것이다. 유체 제어기(100)는 많은 실시예에서 고압이나 저온 하에 또는 상이한 종류의 용기 또는 조에 유체를 운반하도록 구성된다.
- [0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 예시적인 실시예의 유량 제어기(100)는 유량 제어기(100)의 상류에 있는 압력 센서(144)와 유량 센서(142)로부터 지표를 수취한다. 유량 센서(142)로부터의 지표는, 유체 디스펜서(120)로부터 흐르고 유량 제어기(100)에 의해 제어되는 유체의 유속을 지시한다. 압력 센서(144)로부터의 지표는 유체 디스펜서(120)로부터의 유체의 압력을 가리키고 유량 제어기(100)에 의해 제어된다. 유량 제어기는 또한 유체 흐름 설정 포인트를 나타내는 설정 포인트 지표(146)를 수취한다. 어떤 실시예에서는, 유량 제어기(100)가 온도 센서와 같은 또 다른 장치나 센서로부터 지표를 수취한다. 여러 실시예에서, 하나 이상의 센서가 유량 제어기(100)로부터 상류보다는 오히려 유량 제어기(100)의 하류에 위치된다.
- [0029] 많은 실시예에서 유량 센서(142)는 열(thermal) 유량 센서에 의해 구현되나, 다른 실시예에서는 종류 센서, 코리올리(coriolis) 유량 센서, 초음파 유량 센서 또는 차동 압력 센서가 이용된다. 압력 센서(144)는 게이지 압력 센서, 차동 센서, 절대 압력 센서 또는 피에조 저항 압력 센서에 의해 구현된다. 변형예에서, 유량 센서(102) 및/또는 압력 센서(144)는 다른 센서(예를 들면 온도 센서)들과 조합하여 사용되고, 유체 흐름을 정확하게 측정한다.
- [0030] 본 실시예에서 유량 제어기(100)는 프로세서(102), 밸브(104) 및 메모리(106)를 포함한다. 메모리(106)는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 저장하고, 이는 PID 제어 알고리즘과 필터 방정식들과 관련된 PID 제어 알고리즘, 필터 방정식과 파라미터들을 포함한다. 메모리(106)는 제한적이지는 않으나, 플래쉬 메모리, 랜덤 액세스 메모리(RAM) 및/또는 하드 디스크일 수 있는 임의 종류의 기억 장치이다. 메모리(106)는 또한 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 수정에 관계된 파라미터(예를 들면 기간) 및/또는 방정식(예를 들면, 수정율 변화 방정식)을 문턱 조건

과 함께 저장한다. 이 실시예에서는, 적응 페-루프-제어 알고리즘 및 관련된 파라미터들이 바이어스되어 적응 페-루프-제어 알고리즘이 저속 응답 시간("저속 모드" 또는 "저속 응답 모드"로도 언급된다)을 갖도록 한다. 구체적인 적응 페-루프-제어 알고리즘 구성은 도 5에 보다 상세히 설명된다.

[0031] 가변 밸브(104)는 임의의 방법으로 유체 흐름을 변화시키는 임의의 적합한 유형의 가변 밸브이다. 예를 들면, 가변 밸브(104)는 가변 오리피스스를 갖는 밸브 또는 다수의 프리셋 위치를 갖는 밸브이다. 비록 도 1이 프로세서(102), 밸브(104), 및 메모리(106)가 유량 제어기(100) 내에 단일 장치로 통합되어 있는 것을 도시하지만, 어떤 실시예에서는, 구성요소들은 조합되거나 및/또는 다른 구성 요소 및/또는 장치로 분리된다. 예를 들면, 어떤 실시예에서는, 메모리(106)가 예를 들면 캐시(cache)로서 프로세서(102)에 포함되거나, 또는, 유량 제어기(100)용 또는 여러 개의 분산형 및/또는 직렬접속형의 유량 제어기용의 데이터를 저장하는, 분리된 중앙집중화 서버(도시되지 않음)에 통합된다. 어떤 구체예에서, 밸브(104)는 예를 들면, 유량 센서(142), 압력 센서(144) 및/또는 유량 제어기(100)의 상류또는 하류 중 하나에 있는, 유량 제어기(100)로부터 분리된 구성요소이다. 다른 구체예에 있어서, 유량 센서(142) 및/또는 압력 센서(144)는 유량 제어기(100)에 통합된다.

[0032] 도 1에 도시한 예시적인 실시예에서, 센서(142 및 144) 및 설정 포인트 지표(146)로부터의 지표와 관련된 문턱 조건들은 또한 메모리(106)에 저장된다. 문턱 조건들이 만족될 때, 적응 페-루프-제어 알고리즘은 고속 응답 시간("고속 모드" 또는 "고속 응답 모드"로도 지칭)을 갖도록 변형된다. 저속 모드로부터 고속 모드로의 수정은 가속으로도 언급될 수 있고, 고속 모드로부터 저속 모드로의 수정은 감속으로서 언급될 수 있다. 적응 페-루프-제어 알고리즘은 상기 알고리즘과 관련된 파라미터들(메모리(106)에 저장된)을 변경함으로써 고속 응답 시간을 갖도록 수정된다.

[0033] 어떤 실시예에서는, 적응 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간은, 알고리즘과 관련된 파라미터들을 변경하는 것 보다는 알고리즘과 관련된 필터 방정식을 변경하여 수정된다. 어떤 실제예에서는, 프로세서(102)는, 예를 들면, 메모리(106)에 의해 저장된 파라미터들을 액세스하고 사용하는, 예를 들면, 하드웨어(예를 들면 펌웨어)로 실행되는 적응 페-루프-제어 알고리즘을 고려하여 설계된다. 이러한 각본에서, 프로세서(102)는 메모리(106)에 저장된 파라미터들을 조정하여 적응 페-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 수정한다.

[0034] 본 실시예의 센서(142 및 144)와 설정 포인트 지표(146)로부터의 지표들은 설정 포인트 지표(146)에 의해 특정되는 유속을 생성하도록 밸브(104)를 제어하는 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용한 프로세서(102)에 의해 처리된다. 설정 포인트 지표(146)에 의해 지시된 바에 따라, 새로운 설정 포인트가 수신될 때, 유량 제어기(100)는 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용하여, 새로운 설정 포인트와 일치하도록 유체 유속을 조정(예를 들면, 밸브(104)에 보내진 제어 지표를 통해) 한다.

[0035] 그러나, 설정 포인트의 변화가 문턱 조건을 만족한다면, 페-루프-제어 알고리즘의 모드는 수정된다. 예를 들면, 프로세서(102)에 의해 결정되는 설정 포인트의 변화가, 설정 포인트 변화의 문턱 조건(예를 들면, 최대 허용 설정 포인트 변화)을 초과하는 경우에, 프로세서(102)는 고속 모드를 갖도록 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정한다. 그 다음 프로세서(102)는 고속 모드에 있는 적응 페-루프-제어 알고리즘에 따라 새로운 설정 포인트에 기초하여 제어 신호를 밸브(104)에 보내 유체의 흐름을 제어한다. 새로운 설정 포인트에 도달할 때, 프로세서(102)는 알고리즘과 관련된 파라미터들을 조정하고, 고속 모드로부터 저속 모드로 돌아가, 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정한다.

[0036] 유사하게, 센서 지표 등의 변화가 문턱 조건을 만족시키면, 프로세서(102)는 저속 모드로부터 고속 모드로 및/또는 그와 반대로 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정한다. 이 실시예에서, 유량 제어기(100) 내의 프로세서(102)는, 유량 센서(142)에 의해 지시된 바에 따라 유속이 문턱 조건을 만족시킬 때 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정하도록 프로그래밍 된다. 예를 들면, 적응 페-루프-제어 알고리즘의 수정은, 유속 변화의 크기, 예를 들면 압력 변화에 의해 즉시 변화된 크기가 특정된 시간 주기 내의 최대 허용값을 초과할 때, 트리거된다. 유체의 유속이 설정 포인트 지표(146)에 의해 지시된 설정 포인트와 재차 일치하면, 프로세서(102)는 고속 응답 시간 구성으로부터 저속 응답 시간 구성으로 돌아가도록 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정한다. 어떤 실시예에서, 프로세서(102)는 예를 들면, 압력 센서 지표의 변화가 압력 변화와 연관된 문턱 조건을 초과할 경우, 프로세서(102)는 저속 모드로부터 고속 모드 및/또는 그 반대로 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정하도록 구성된다.

[0037] 어떤 실제 예에서는, 적응 페-루프-제어 알고리즘의 수정 레벨은, 문턱치에 대한 변화 크기에 기초한다. 예를 들면, 설정 포인트 변화는 설정 포인트 변화 문턱 조건을 크게 초과할 경우, 적응 페-루프-제어 알고리즘과 관련된 파라미터 및/또는 필터들이 설정 포인트 변화가 설정 포인트 변화 문턱 조건을 겨우 만족시킨 경우보다도

크게 수정된다.

- [0038] 이하 도 2를 참조하면, 정의된 문턱 조건에 기초하여 제1 모드로부터 제2 모드로 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정하기 위한 방법을 나타내는 흐름도를 포함한다. 예를 들면, 제1 모드는 저속의 저 노이즈 모드이고, 제2 모드는 예를 들면, 고속으로 노이즈를 포함할 가능성이 있는 모드이다. 이러한 실시예에서, 문턱 조건은 에러의 크기(예컨대, 문턱 값)로서 정의되고, 그것이, 계산된 에러값에 의해 초과될 때, 제1 모드로부터 제2 모드로 적응 페-루프-제어 알고리즘의 수정을 트리거한다. 많은 실시예에서 에러 값은, 유속 지표에 의해 지시되는 측정된 유속과 유속 설정 포인트 사이의 차이이다. 후에 에러값이 문턱 값 아래로 떨어질 때(즉, 더 이상 만족되지 않을 때), 적응 페-루프-제어 알고리즘은 제2 모드로부터 제1 모드로 돌아가도록 수정된다. 이 실시예에서 비록, 에러 값은 유량 설정 포인트들 및 측정에 기초하지만, 다른 실시예의 에러값은 압력 설정 포인트 및 측정값과 같은 다른 설정 포인트 및 측정값들에 기초한다.
- [0039] 도 2에 도시된 바와 같이, 200에 있어서 유량 센서 지표가 수취되고 유량 센서 지표에 기초한 제1 모드에서의 적응 페-루프-제어 알고리즘을 이용한 유량 설정 포인트에 따라 유체 흐름이 제어된다. 도시된 바와 같이, 에러 값은 유량 센서 지표에 의해 지시된 유속과 유량 설정 포인트 사이의 차이에 따라 210에서 계산된다. 에러값이 220에서 정의된 문턱 값을 초과하지 않는다면, 유량 센서 지표는 계속해서 수취되고 유체의 흐름은 제1 모드(200)에서 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용하여 계속 제어된다. 210에서 계산된 값이 220에서의 문턱값을 초과할 때, 적응 페-루프-제어 알고리즘은 제1 모드로부터 제2 모드(230)로 수정된다.
- [0040] 도 2에 도시된 바와 같이, 일단 적응 페-루프-제어 알고리즘이 제2 모드로 t수정되면, 240에서 유량 센서 지표가 수취되고 유체 흐름은 유량 센서 지표에 기초한 제2 모드에 있는 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다. 제2 모드에 있는 적응 페-루프-제어 알고리즘은 유량 설정 포인트에 따라 유체의 흐름을 제어하는 데 사용된다. 250에서 에러 값들은 유량 센서 지표들과 유량 설정 포인트에 기초하여 연속적으로(또는 다른 실시예에서는 간헐적으로) 계산된다. 260에서, 계산된 에러 값이 문턱값을 계속 초과하면, 240에 있어서 유량 센서 지표는 계속 수취되고 유체의 흐름은 제2 모드에 있는 적응 페-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다. 260에 있어서, 250에서 계산된 에러값이 문턱값 아래로 떨어질 때, 270에 있어서 적응 페-루프-제어 알고리즘은 제2 모드로부터 제1 모드로 돌아가도록 수정된다.
- [0041] 본 실시예는 유량 센서 지표와 유량 센서 지표에 기초한 계산된 에러값에 관한 방법을 설명하고 있으나, 어떤 실시예들에서는, 온도 센서 지표는 온도 센서로부터 수취되고 온도와 관련된 문턱값에 관해 분석된다. 여러 실시예들에서, 다수의 센서(예를 들면, 유량, 온도, 압력 센서)는 적응 페-루프-제어 알고리즘이 제1 모드로부터 제2 모드로 그리고 그 반대로 수정되어야 하는지 여부를 결정하도록 대응하는 문턱값들에 따라 검출된다. 어떤 실시예들에서, 문턱 조건은 센서 지표 에러값에 기초하기 보다 설정 포인트 지표 값에 기초하여 정의된다.
- [0042] 여러 변형예에서 문턱 조건은 예를 들면, 지표로부터의 에러값의 변화율에 기초한다. 여러 실제예에서, 문턱 조건 이내의 값(즉, 파라미터)은 예를 들면, 특정 유량 제어기(들)과 관련된 경험적 데이터에 기초하여 정의된다.
- [0043] 어떤 실시예에서는, 제1 모드로부터 제2 모드로의 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정하기 위한 문턱값은, 제2 모드로부터 제1 모드로 돌아간 알고리즘의 변경을 결정하기 위해 사용된 문턱값과 다르다. 그러나 다른 실시예들에서, 문턱 조건은 값(예를 들면, 시간, 압력 등)의 복잡한 조합(예를 들면, 빠기, 굽하기) 또는 불리안 조건들(예를 들면, "or" 불리안 조건)에 기초한다. 예를 들면, 온도 지표와 압력 지표로부터 유도된 값들(또는 계산값)이 그들 각각의 대응하는 문턱값들을 초과할 때만 문턱 조건이 만족된다. 여러 실시예에서, 적응 페-루프-제어 알고리즘은 하나 이상의 모드들에 대응하는 문턱 조건들에 기초하여 여러 모드들(예를 들면, 적당한 고속 모드) 중 하나로 수정된다.
- [0044] 여러 실시예에서, 문턱 조건은 예를 들면, 적응 페-루프-제어 알고리즘이 세계의 연속하는 압력 지표 값들 및/또는 에러 값들 보다 많은 문턱값을 초과할 때에만 수정되도록 정의된다. 이런 방법으로 문턱 조건을 정의하여, 적응 페-루프-제어 알고리즘은 수정되기 전에, 특정한 응답 시간 모드로 유지된다. 어떤 실시예에서는, 예를 들면, 압력 지표 값이 예를 들면, 300 ms 이상의 문턱 값을 초과하는 경우에만, 적응 페-루프-제어 알고리즘이 수정되도록 문턱 조건이 규정된다.
- [0045] 도 3은 정의된 문턱 조건 및 타이머에 기초하여, 적응 페-루프-제어 알고리즘을 수정하는 방법을 나타내는 흐름도이다. 본 실시예에서는, 문턱 조건은 압력값이고, 그것이, 압력 센서로부터의 압력 센서 지표에 의해 지시되는 값에 의해 초과될 때, 제1 모드로부터 제2 모드로 적응 페-루프-제어 알고리즘의 수정을 트리거한다. 적응 페-루프-제어 알고리즘은 타이머의 만기시 제2 모드로부터 제1 모드로 복귀하도록 수정된다.

- [0046] 도 3에 도시된 바와 같이, 300에서, 압력 센서 지표가 수취되고, 유체의 흐름이 유량 센서 지표에 기초하여 제1 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다. 압력 센서 지표는, 수취될 때 310에서의 연속적으로(또는 어떤 실시예에서는 간헐적으로) 문턱값을 참조하여 분석된다. 310에 있어서, 압력 지표에 의해 지시되는 압력값이 문턱 값을 초과하지 않는 경우, 300에 있어서 압력 센서 지표는 계속 수신되고 유체의 흐름은 제1 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 계속 제어된다.
- [0047] 310에 있어서, 압력 센서 지표에 의해 지시되는 압력값이 문턱값을 초과할 때, 적응 펌프-제어 알고리즘은 제1 모드로부터 320의 제2 모드로 수정되고 330에서 타이머가 시동된다. 본 실시예에서는, 타이머는 3초의 시간 주기 동안 동작한다. 그 기간이 만료될 때까지, 340에 있어서, 압력 센서 지표가 수취되고, 유량 센서 지표(340)에 기초하여 제2 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 유체의 흐름이 제어된다.
- [0048] 350에 있어서, 기간이 타이머에 의해 결정된 대로 만료되지 않으면, 340에 있어서 압력 센서 지표는 계속 수취되고 제2 모드에서의 알고리즘에 기초하여 유체 흐름이 제어된다. 350에서 시간 주기가 만료될 때, 360에 있어서 적응 펌프-제어 알고리즘은 제2 모드로부터 360의 제1 모드로 돌아가도록 수정된다.
- [0049] 어떤 실시예에서는, 시간의 길이는, 유량 제어기들의 응답 시간 또는 대응하는 문턱값 위의 센서 지표의 편차와 같은 요인에 의존한다. 예를 들면, 어떤 실시예에서는, 타이머에 의해 사용된 시간은, 센서로부터의 값이 문턱값을 조금 초과할 때보다 센서로부터의 값이 문턱값을 많이 초과할 때 더 길어진다. 여러 실시예에서, 적응 펌프-제어 알고리즘은, 예를 들면 급격하기보다는 천천히 수정이 일어나도록 수학 방정식에 따라 제1 모드로부터 제2 모드로 수정된다. 어떤 실시예에서는, 하나의 모드로부터 다른 모드로 적응 펌프-제어 알고리즘의 수정 속도 및/또는 수정 레벨(예를 들면 가속 또는 감속)은 예를 들면, 유량이 증감하는지 여부에 의존한다.
- [0050] 이하 도 4를 참조하면, 적응 펌프-제어 알고리즘을 저속 응답 모드로부터 고속 응답 모드로 설정 포인트 변화 문턱 조건에 기초하여 수정하기 위한 방법을 나타내는 흐름도이다. 이 실시예에서, 설정 포인트 변화 문턱 조건은, 설정 포인트 변화의 크기이고, 그것이, 설정 포인트 변화에 의해 초과될 때, 저속 응답 모드로부터 고속 응답 모드로 적응 펌프-제어 알고리즘의 수정을 트리거한다.
- 도 4에 도시된 바와 같이, 본 실시예에서는, 400에 있어서, 유체 흐름은 저속 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다. 410에 있어서, 새로운 설정 포인트를 지시하는 설정 포인트 지표가 수취할 때, 420에 있어서 설정 포인트의 변화가 계산되고 설정 포인트의 변화는, 430에서, 정의된 문턱값과 비교된다. 430에서, 설정 포인트 변화가 문턱값보다 작을 때, 400에서, 유체의 흐름은, 저속 응답에서의 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 제어되고 새로운 설정 포인트로 조정된다. 430에 있어서 설정 포인트가 문턱값보다 더 클 때, 적응 펌프-제어 알고리즘은 저속 모드로부터 고속 모드(440)로 가속(예를 들면, 수정)된다.
- 도 4에 도시된 바와 같이, 440에 있어서 유체 흐름은 다음에, 450에서 새로운 설정 포인트가 도달할 때까지 고속 응답 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다. 새로운 설정 포인트에 도달하지 않을 때, 440에서 유체 흐름은 고속 응답 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 계속적으로 제어된다. 새로운 설정 포인트에 도달할 때, 460에서 적응 펌프-제어 알고리즘은 고속 응답 모드로부터 저속 응답 모드로 감속(예를 들면 수정) 된다. 400에 있어서, 유체 흐름은 이어서, 저속 응답 모드에 있는 적응 펌프-제어 알고리즘을 사용하여 제어된다.
- [0051] 삭제
- [0052] 삭제
- [0053] 본 실시예에서는, 알고리즘은 저속 응답 모드의 유체 흐름을 제어하도록 바이어스되고 큰 설정 포인트 변화가 일어날 때 고속 응답으로만 변화한다. 어떤 실시예에서는, 적응 펌프-제어 알고리즘은 예를 들면 고속 응답 모드에서 유체 흐름을 제어하도록 바이어스된다. 어떤 실시예에서는, 응답 모드의 속도는 설정 포인트 변화의 크기에 기초한다. 예를 들면, 응답 모드는 하나 이상의 문턱 조건들에 정의된대로 설정 포인트의 크기에 의존하는 여러가지의 고속 응답들 중 하나로 가속된다. 다른 실시예들에서는, 설정 포인트 변화의 문턱 값은 영이고 펌프-제어 알고리즘의 응답 시간이 임의의 설정 포인트변화로 변화한다.
- [0054] 도 5는 예시적인 적응 펌프-제어 알고리즘의 흐름도이다. 예시적인 적응 펌프-제어 알고리즘 내의 각 블록은 파라미터들과 상수들과 관련된 방정식의 연립으로 구현된다. 본 실시예에서의 적응 펌프-제어 알고리즘

은 비례 제어 블록(542)과 적분 제어 블록(544)을 포함하는 비례-적분(PI) 제어기에 기초한다. 튜닝 파라미터(510) 및 피드백 필터(520)는 설정 포인트 지표(554), 센서 지표(556) 및/또는 설정 포인트 지표(554)의 값들 및/또는 센서 지표(556)을 사용하여 유도된 값(예를 들면, 계산 에러)에 기초하여 문턱 조건이 만족될 때 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 응답 시간을 수정하도록 사용된다. 설정 포인트 지표(554)는 유체 흐름 설정 포인트를 가리킨다. 센서 지표(556)는 유량 센서(530)에 의해 생성된 유량 센서 지표와 압력 센서(도시하지 않음)로부터의 압력 센서 지표를 포함한다. 어떤 실시예에서는, 센서 지표(556)는 온도 센서 지표들과 같은 다른 센서 지표들을 포함한다.

[0055] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 실시예에서는, 유량 센서(530)으로부터 유량 지표(예를 들면, 신호)가 피드백 필터(520)를 통해 조정되고, 572에 있어서 설정 포인트 지표(554)에 의해 지시되는 설정 포인트로부터 감해지고, 에러(552)를 생성한다. 에러(552)와 적응 게인(500)과의 곱(574)이 밸브(Kv546)을 제어하기 위해 PI 제어기에 의해 사용된다. 블록들(500, 510, 520, 530, 542, 544 및 546)에서 방정식, 파라미터들 및/또는 상수들은 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키도록 선택되고 예를 들면, 각각의 응답 시간 모드에서 특정 응답 시간 및/또는 과도 파형(예를 들면, 오버슈트, 댐핑)을 얻도록 선택된다.

[0056] 본 실시예는 또한 설정 포인트 지표(554), 센서 지표(556)의 값들 및/또는 설정 포인트 지표(554), 센서 지표(556)의 임의의 조합을 사용하여 계산된 값들에 기초하여 연속적으로(또는 어떤 실시예에서는 간헐적으로) 조정된다. 어떤 실시예에서, 적응성 게인(500)은 문턱 조건이 설정 포인트 지표(554) 및/또는 센서 지표(556)에 기초하여 만족될 때 조정된다. 적응성 게인(500)은 예를 들면, Kv(546) 비선형성 또는 비선형성 압력 효과와 같은 비선형성에 대해 정정하도록 구성된다. 적응 게인(500)은 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 계산된 바대로 추가의 밸브 위치 조정 속도에 영향을 미친다. 적응 게인(500)은 예를 들면, 유량 감도, 밸브 감도, 및/또는 압력 감도에 기초하여 계산된다. 적절한 적응 게인(500)에 의해, 적응 폐-루프-제어 알고리즘은 안정화하고, 예를 들면, 압력 및/또는 설정 포인트에 걸쳐 동일한 성능을 갖는다.

[0057] 튜닝 파라미터(510)와 피드백 필터(520)는, 설정 포인트 지표(554), 센서 지표(556) 및/또는 설정 포인트 지표(554), 센서 지표(556)를 사용하여 유도된 값(예를 들면, 계산된 에러)이 정의된 문턱 조건을 만족시킬 때, 수정된다. 튜닝 파라미터(510)는 피드백 필터(520)가 가속 및/또는 감속될 때 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키도록 피드백 필터(520)와 거의 동시에 수정된다.

[0058] 어떤 실시예에서, 튜닝 파라미터(510) 및 피드백 필터(520)는, 다른 문턱 조건들 또는 조합 문턱 조건들에 기초하여 조정된다. 어떤 실시예들에는, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 수정할 때 조정되는, 파라미터들의 속도 및 파형까지도 유체 흐름이 증가하는지 또는 감소하는 지에 따라 수정된다. 여러 실시예들에서, 적응 폐-루프-제어 알고리즘은 예를 들면, 비례 및 적분 제어에 더하여 미분 제어를 포함한다. 다른 실시예들에서, 제어 알고리즘은 비례, 적분 및/또는 미분 제어의 다른 조합을 포함한다. 여러 가지 변형에서, 튜닝 파라미터(510)는 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 일부(예를 들면, 미분 제어 블록과 관련되거나 적분 제어 블록(544)의 파라미터로서 포함한다)와 관련된다.

[0059] 도 6A-6G는 적응 폐-루프-제어 알고리즘 내의 피드백 필터의 예시적인 변형을 트리거하는 예시적인 설정 포인트에 관계된 계산값들, 예시적인 측정값들, 신호들을 나타내는 그래프들이다. 본 실시예에서 적응 폐-루프-제어 알고리즘은 설정 포인트에 따라 밸브를 통해 유체 흐름을 제어하고 있는 유량 제어기 상에서 실행된다.

[0060] 도 6A는 설정 포인트 지표에 의해 지시된 바대로 설정 포인트를 도시한다. 도 6A는 시각 B에서 X로부터 Y로의 설정 포인트 변화를 보여준다. 도 6A는 설정 포인트 변화(600)의 크기가 설정 포인트 변화 문턱 조건(610)보다 더 크고, 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 변형을 트리거한다.

[0061] 도 6B는 적응 폐-루프-제어 알고리즘 내의 피드백 필터와 관련된 피드백 시정수 값을 나타내는 그래프이다. 도 6B는 시각 B에서 피드백 시정수가 시각 A로 나타난 높은 값으로부터 시각 B에서의 낮은 값으로, 도 6A에 도시된 바와 같이 만족될 수 있는 설정 포인트 변화의 문턱 조건에 응답하여 변화하는 것을 나타낸다. 높은 값은 적응 폐-루프-제어 알고리즘으로 하여금 저속 응답 시간을 갖도록 하며 반면에 낮은 값은 피드백 시정수 동안 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 위해 보다 고속 응답시간으로 결과한다. 도 6B는 피드백 시정수가 시각 D에서 본래값에 도달할 때까지 시각 C에서 시작하여 천천히 증가함을 보여준다. 피드백 시정수의 값은 피드백 시정수값이 천천히 증가하기 전에 B와 C사이의 정의된 시간 주기에 대해 낮은 값에서 수용된다. 도시하지는 않았으나, 튜닝 파라미터는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 안정화시키도록 피드백 시정수와 거의 동시에 조정된다.

[0062] 도 6C는 적응 폐-루프-제어 알고리즘에 의해 계산됨에 따라 설정 포인트 에러를 나타내는 그래프이다. 도 6C는

계산된 설정 포인트 에러가 도 6A에 도시된 시각 B에서의 설정 포인트에 앞서 영입을 보여준다. 도 6C는 설정 포인트가 시각 B에서의 설정 포인트 변화시 계산된 설정 포인트 에러가 순간적으로 증가함을 보여준다. 적응 폐-루프-제어 알고리즘이 계산된 설정 포인트 에러에 응답함에 따라, 설정 포인트 에러는 에러가 영으로 감소하는 시각 D에 도달할 때까지 감소한다. 도 6C는 본 실시예에서 적응 폐-루프-제어 알고리즘이 고속 응답 모드에 있는 동안, 계산된 설정 포인트 에러는 노이즈가 있다. 도 6D-6G의 곡선들은 도 6C에 있는 곡선과 같이, 적응 폐-루프-제어 알고리즘이 고속 응답 모드에 있는 동안에는 노이즈를 나타낸다.

[0063] 도 6D는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 계산된 적분 제어 신호를 나타내는 그래프이다. 도 6D는 신호가 시각 D에서 안정화될 때까지 시각 B에서 설정 포인트가 변화할 때 적분 제어 신호가 증가하는 것을 보여준다.

[0064] 도 6E는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 실행하는 유량 제어기에 의해 제어되는 밸브의 밸브 위치를 나타내는 그래프이다. 도 6E는 밸브의 위치가 시각 D에서 정상 상태 위치에 도달할 때까지 시각 B에서의 설정 포인트 변화에 응답하여 밸브 위치가 변화하는 것을 보여준다.

[0065] 도 6F는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어되는 밸브를 통한 실질적인 유체 흐름을 나타내는 그래프이다. 도 6F는 도 6E에서의 밸브 위치로 실질적인 유체 흐름 측정 트랙을 나타낸다.

[0066] 도 6G는 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어되는 밸브를 통해 흐르는 유체 흐름을 측정하는 유량 센서로부터 신호를 나타내는 그래프이다. 도 6G는 저속 응답 시간을 갖는 유량 센서 신호가 도 6F에서 실질적인 유체 흐름 측정 뒤에 처지는 것을 보여준다.

[0067] 결론적으로, 본 발명은 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하는 유체 흐름의 제어 방법 및 장치를 제공한다. 본 발명에 있어서, 여러가지 변형과 대체가 당업자에게 용이하게 인식될 수 있으며, 그 용도와 구성은 여기 설명된 실시예들에 의해 거의 같은 결과를 성취할 수 있다. 따라서, 개시된 예시적인 형태들이 발명을 한정할 의도는 아니다. 많은 변형 및 대체 구성들이 청구항들에 표현된 바와 같이 개시된 발명의 범위 및 사상 안에 들어온다.

도면의 간단한 설명

[0008] 본 발명의 여러가지 목적 및 유익 및 보다 완벽한 이해는 이하 첨부 도면을 참조하여 상세한 설명과 청구범위에 의해 보다 명백하고 쉽게 이해될 수 있다.

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라, 유량 제어기가 유체 디스펜서로부터 반응용기로의 유체 흐름을 제어하기 위한, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하는 실시예를 나타낸 블록도이다.

[0010] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 수정하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

[0011] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 수정하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

[0012] 도 4는 또 다른 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 수정하기 위한 방법을 도시한 흐름도이다.

[0013] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘의 신호 흐름도이다.

[0014] 도 6A는 본 발명의 실시예에 따른, 설정 포인트 지표에 의해 지시되는 설정 포인트를 나타내는 그래프이다.

[0015] 도 6B는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘 내의 피드백 필터와 관련된 피드백 시정수의 값을 나타내는 그래프이다.

[0016] 도 6C는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘에 의해 계산되는 설정 포인트 에러를 나타내는 그래프이다.

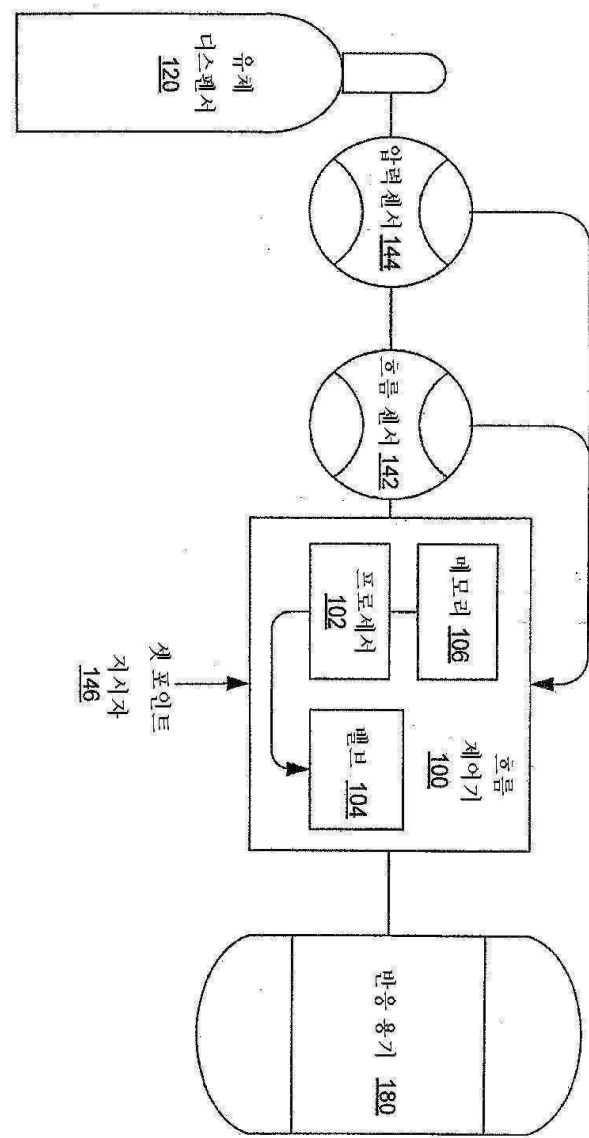
[0017] 도 6D는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 계산된 적분 제어 신호를 나타내는 그래프이다.

[0018] 도 6E는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 실행하는 유량 제어기에 의해 제어되는 밸브의 밸브 위치를 나타내는 그래프이다.

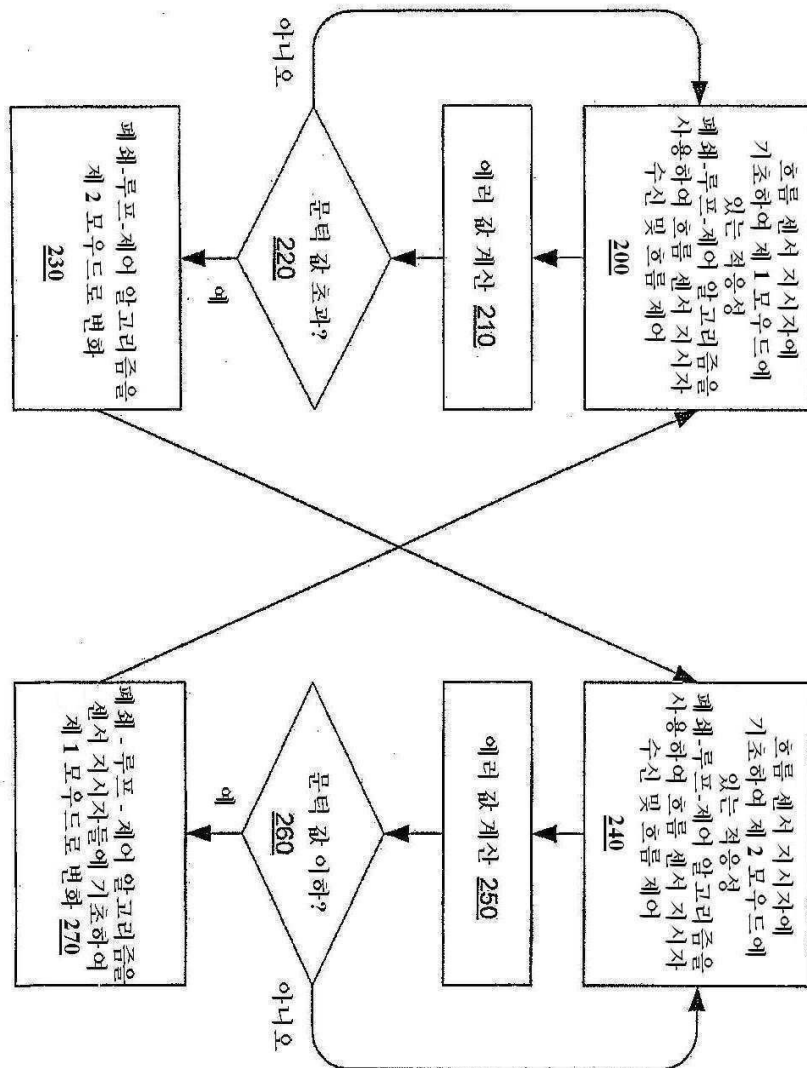
- [0019] 도 6F는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어되는 밸브를 통과하는 유체의 실제의 유량을 나타내는 그래프이다.
- [0020] 도 6G는 본 발명의 실시예에 따른, 적응 폐-루프-제어 알고리즘을 사용하여 제어되는 밸브를 통과하는 유체의 실제의 유량을 측정하는 유량 센서로부터의 신호를 나타내는 그래프이다.

도면

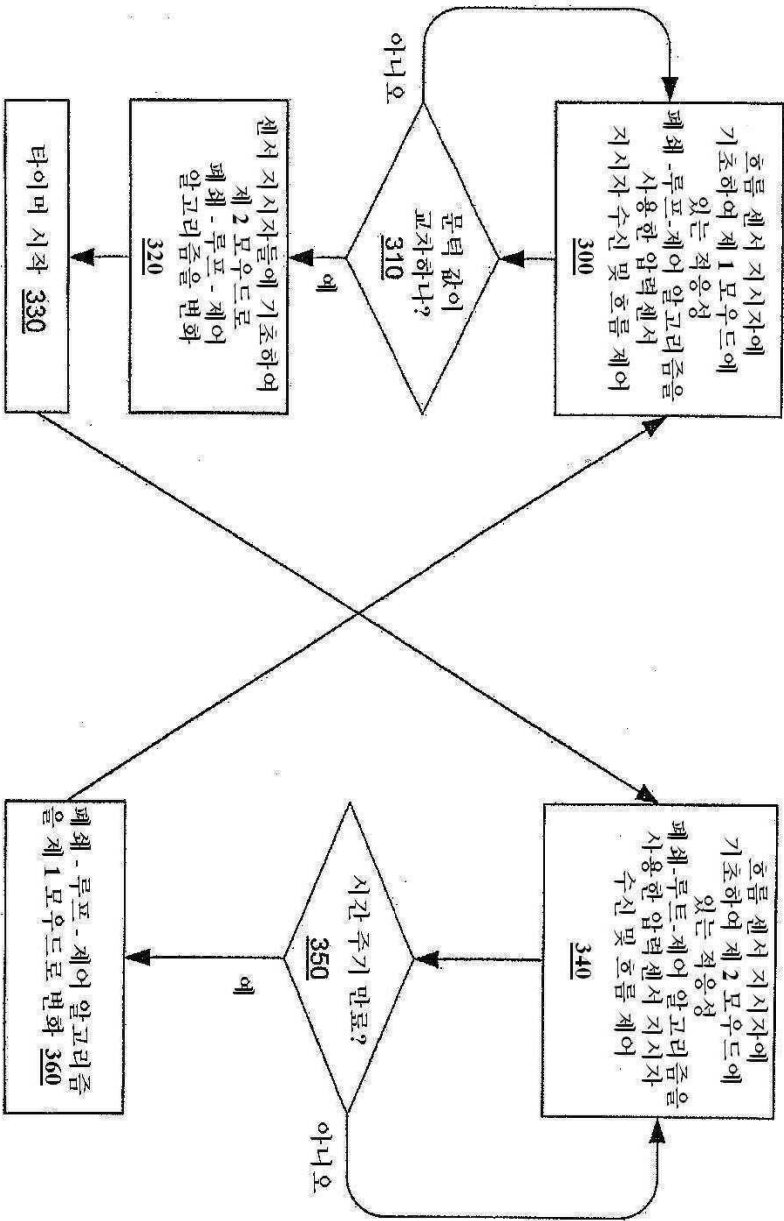
도면1



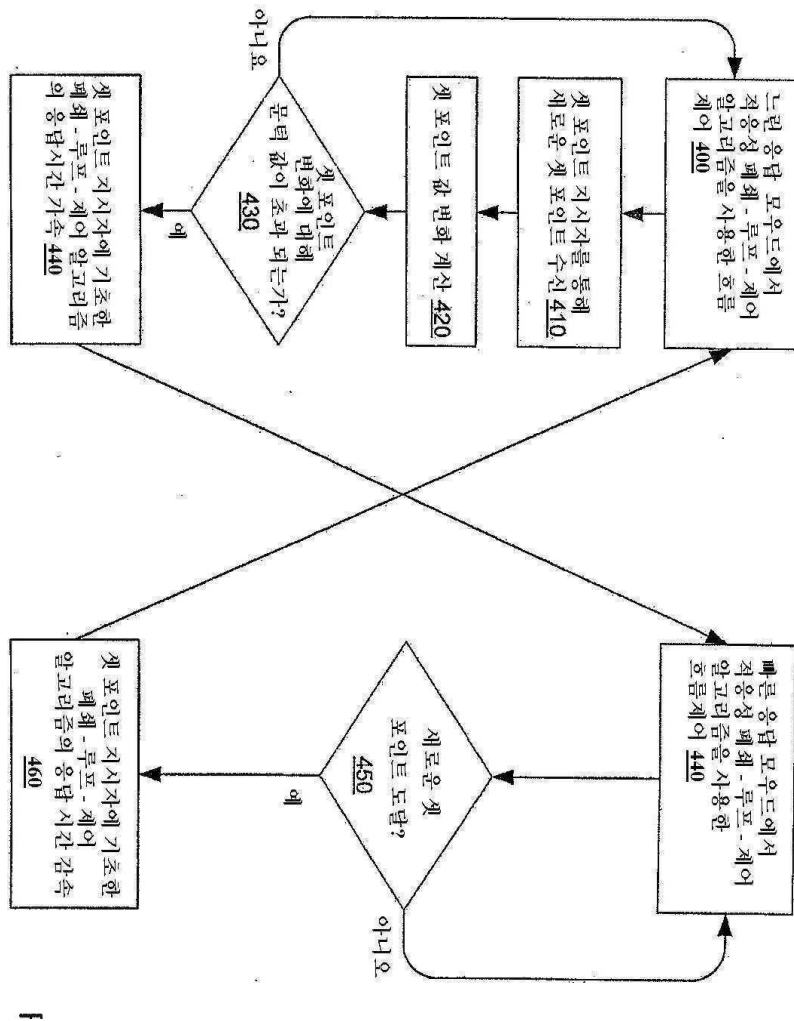
도면2



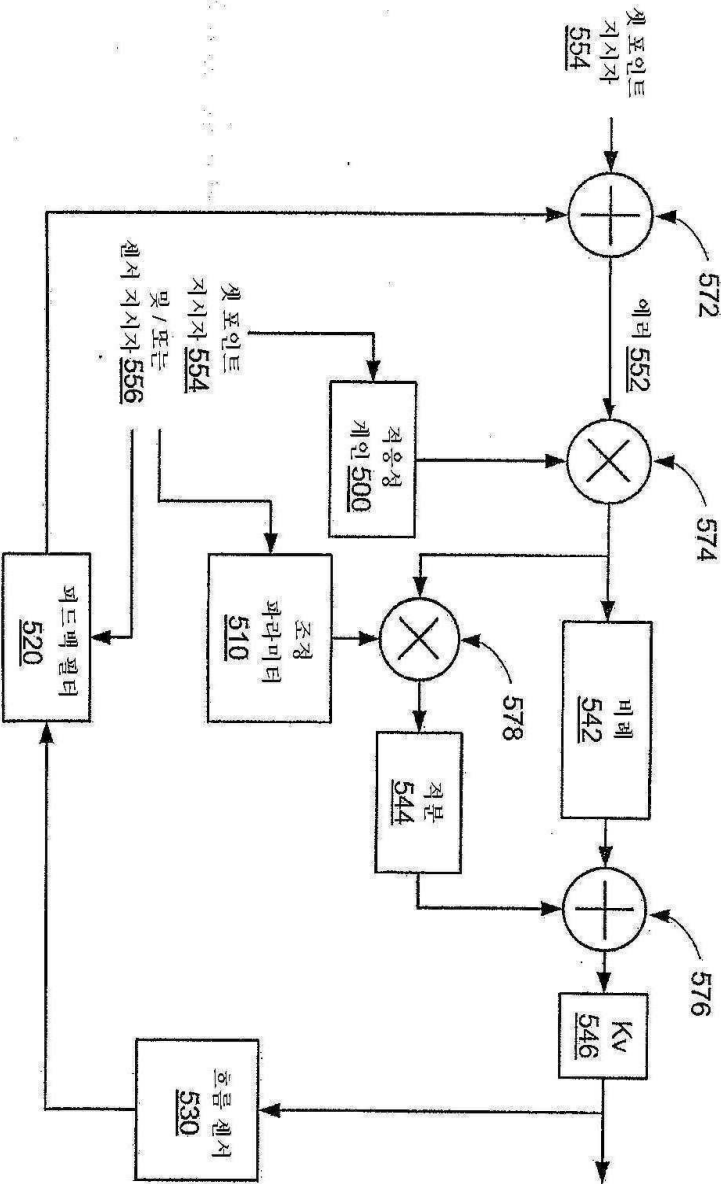
도면3



도면4



도면5



도면6

