



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0021391  
(43) 공개일자 2025년02월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F15B 19/00* (2006.01) *F15B 11/064* (2006.01)  
*F15B 13/02* (2019.01) *F15B 15/14* (2006.01)  
*F15B 15/20* (2006.01) *F15B 15/22* (2006.01)  
*F15B 20/00* (2006.01) *F15B 21/10* (2019.01)  
*F16K 31/12* (2006.01) *F16K 37/00* (2006.01)  
*G01M 3/02* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*F15B 19/005* (2013.01)  
*F15B 11/064* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7003017(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월18일  
 심사청구일자 2025년01월24일
- (62) 원출원 특허 10-2020-7013909  
 원출원일자(국제) 2018년12월18일  
 심사청구일자 2021년12월17일
- (85) 번역문제출일자 2025년01월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/066124
- (87) 국제공개번호 WO 2019/126095  
 국제공개일자 2019년06월27일
- (30) 우선권주장  
 62/693,009 2018년07월02일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인  
 스웨이지락 캄파니  
 미국 오하이오 44139 솔론 솔론 로드 29500
- (72) 발명자  
 클리메 윌리엄 에이치. 3세  
 미국 오하이오주 44023 차그린 폴즈 9825 그린웨이 트레일
- (74) 대리인  
 특허법인아주김장리

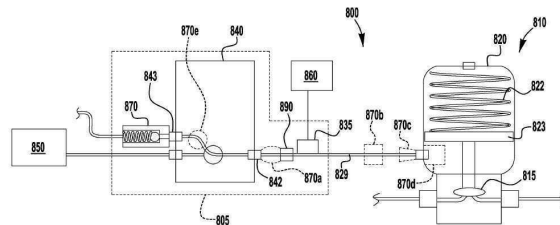
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 작동 밸브의 제어 및 모니터링을 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

밸브를 위한 유체 구동식 액추에이터의 성능을 모니터링하는 예시적인 방법에서, 가압된 유체는 액추에이터를 작동시키기 위해 제1 기간 동안 액추에이터 공급 라인을 통해 액추에이터의 입구 포트에 공급된다. 액추에이터 공급 라인에서의 유체 유동 상태에 대응하는 변화는 제1 기간 동안 측정되고, 측정된 변화는 밸브 및 액추에이터 중 적어도 하나에서 비순응 상태를 식별하기 위해 분석된다. 이어서, 식별된 비순응 상태를 전달하는 출력이 생성된다.

대표도 - 도13



(52) CPC특허분류

*F15B 13/024* (2013.01)  
*F15B 13/027* (2013.01)  
*F15B 15/1409* (2019.01)  
*F15B 15/204* (2013.01)  
*F15B 15/22* (2013.01)  
*F15B 20/005* (2013.01)  
*F15B 21/10* (2019.01)  
*F16K 31/12* (2013.01)  
*F16K 37/0041* (2013.01)

(30) 우선권주장

62/608,777 2017년12월21일 미국(US)  
62/608,771 2017년12월21일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

작동 밸브 시스템으로서,

유량 제어 밸브 요소를 포함하는 밸브;

상기 밸브와 조립되는 액추에이터로서, 상기 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 상기 액추에이터의 입구 포트의 가압에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재를 포함하는, 상기 액추에이터;

액추에이터 공급 라인에 의해 상기 액추에이터 입구 포트와 연결되고, 제1 위치에서 상기 액추에이터 공급 라인에 가압된 유체를 공급하고, 제2 위치에서 상기 액추에이터 공급 라인으로부터 상기 가압된 유체를 배출하도록 작동 가능한 파일럿 밸브;

상기 파일럿 밸브가 상기 제2 위치에 있을 때 상기 액추에이터 공급 라인에서 비작동 정압을 보유하도록 구성된 배압 디바이스; 및

상기 액추에이터 공급 라인과 연결되고, 상기 액추에이터 부재를 통한 상기 가압된 유체의 누출에 대응하는, 상기 액추에이터 공급 라인에서의 유체 상태를 측정하도록 구성된 센서를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 센서는 유동 센서(flow sensor) 및 압력 센서 중 적어도 하나를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 배압 디바이스는 체크 밸브 및 릴리프 밸브 중 적어도 하나를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 비작동 정압은 약 10 psi 미만인, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 5

작동 밸브 시스템으로서,

유량 제어 밸브 요소를 포함하는 밸브;

상기 밸브와 조립되고, 상기 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 적어도 최소 작동 압력으로의 입구 포트의 가압에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재와 유체 연통하는 상기 입구 포트를 포함하는 액추에이터로서, 상기 입구 포트의 감압 시에 제1 위치로 상기 액추에이터 부재를 복귀시키기 위해 편향력을 인가하도록 구성되는, 상기 액추에이터;

상기 액추에이터 입구 포트와 연결된 공급 포트를 갖는 파일럿 밸브로서, 제1 위치에서 상기 액추에이터 입구 포트에 가압된 유체를 공급하고 제2 위치에서 상기 파일럿 밸브에 있는 배출 포트를 통해 상기 액추에이터 입구 포트로부터 상기 가압된 유체를 배출하도록 작동 가능한, 상기 파일럿 밸브; 및

상기 파일럿 밸브가 상기 제2 위치로 이동될 때, 상기 액추에이터 부재에 대해 최소 작동 압력보다 작은 정압을 보유하도록 상기 액추에이터 입구 포트와 유체 연통하는 배압 장치를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 배압 장치는 상기 액추에이터 입구 포트, 상기 파일럿 밸브, 및 상기 액추에이터 입구 포트에 상기 파일럿 밸브를 연결하는 액추에이터 공급 라인 중 적어도 하나와 연결하기 위한 적어도 하나의 제1 단부 연결부를 갖는 배압 디바이스를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 배압 디바이스는 체크 밸브 및 릴리프 밸브 중 적어도 하나를 포함하는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 배압 디바이스는 상기 파일럿 밸브의 상기 배출 포트와 조립되는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 9

제6항에 있어서, 상기 배압 디바이스는 상기 파일럿 밸브의 상기 공급 포트와 조립되는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 10

제5항에 있어서, 상기 액추에이터 입구 포트와 유체 연통하는 공학적 누출 경로를 더 포함하되, 상기 공학적 누출 경로는 상기 파일럿 밸브가 상기 제2 위치에서 유지되는 동안 상기 액추에이터 부재에 대해 비작동 정압을 감소시키도록 구성되는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 공학적 누출 경로는 상기 배압 장치와 통합되는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 12

제5항에 있어서, 상기 배압 장치는 상기 액추에이터에 배치되는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 13

제5항에 있어서, 상기 정상 위치로부터 상기 작동위치로의 상기 액추에이터 부재의 이동은 차단 위치로부터 유체 유동 위치로 상기 밸브 요소를 이동시키는, 작동 밸브 시스템.

#### 청구항 14

제5항에 있어서, 상기 비작동 정압은 상기 액추에이터 부재에 대해 감쇠력을 인가하고, 상기 편향력보다 작은 순수 복귀력을 생성하도록 상기 편향력에 대응하는, 작동 밸브 시스템.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 순수 복귀력은 상기 편향력의 절반보다 작은, 작동 밸브 시스템.

**청구항 16**

제5항에 있어서, 상기 비작동 정압은 최소 작동 압력의 약 10% 내지 90%인, 작동 밸브 시스템.

**청구항 17**

제5항에 있어서, 상기 액추에이터 공급 라인과 연결된 센서를 더 포함하되, 상기 센서는 상기 정상 위치와 상기 작동 위치 사이의 상기 액추에이터 부재의 이동 및 상기 액추에이터 부재를 통한 상기 가압된 유체의 누출 중 적어도 하나에 대응하는 상기 액추에이터 공급 라인에서의 유체 유동 상태를 측정하도록 구성되는, 작동 밸브 시스템.

**청구항 18**

배압 디바이스로서,

입구 포트로부터 출구포트로 연장되는 통로를 획정하는 바디;

상기 통로에 배치되는 시트;

상기 바디에 배치되고, 상기 시트와의 밀봉 결합으로 편향되며, 설정 공압 압력보다 큰 임의의 과잉 공압 압력을 상기 출구 포트를 통해 방출하도록 설정 공압 입구 압력에서 상기 시트로부터 분리되는 밀봉 부재; 및

상기 설정 공압 압력과 동일한 입구 압력에서 약 0.25 sccm 내지 2.5 sccm의 누출률을 제공하도록 구성된 입구 포트와 유체 연통하는 공학적 누출 경로를 포함하는, 배압 디바이스.

**청구항 19**

제18항에 있어서, 상기 설정 공압 압력은 약 10 psi 내지 약 60 psi인, 배압 디바이스.

**청구항 20**

제18항에 있어서, 상기 공학적 누출 경로는 상기 바디, 상기 시트, 및 상기 밀봉 부재 중 적어도 하나에 의해 획정되는, 배압 디바이스.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 미국 특허 출원 제62/608,771호(명칭: SYSTEMS AND METHODS FOR MONITORING ACTUATED VALVES, 출원일: 2017년 12월 21일), 미국 특허 출원 제62/608,777호(명칭: ACTUATED VALVE SYSTEMS WITH REDUCED ACTUATOR RETURN FORCE, 출원일: 2017년 12월 21일) 및 미국 특허 출원 제62/693,009호(명칭: SYSTEMS AND METHODS FOR CONTROL AND MONITORING OF ACTUATED VALVES, 출원일: 2018년 7월 2일)에 대한 우선권 및 이들의 모든 이점을 주장하며, 이들 각각의 전체 개시내용은 참조에 의해 본 명세서에 원용된다.

**배경 기술**

- [0003] 액추에이터는 종종 밸브 및 다른 유체 시스템 구성 요소의 동작을 제어하도록 사용된다. 액추에이터는 공압, 유압, 전기 등을 포함하여 임의의 수의 상이한 설계의 것일 수 있다. 유체 구동식 액추에이터는 밸브를 통과하는 시스템 유체의 제어(예를 들어, 차단, 계량, 방향 제어)를 위한 밸브 요소(예를 들어, 회전식 밸브 스템, 플러그, 다이어프램 및/또는 벨로우즈)를 이동시키기 위해 하나 이상의 유체 구동식 액추에이터 부재(예를 들어, 피스톤, 다이어프램, 벨로우즈 등)를 이동시키기 위해 공기와 같은 가압된 유체를 사용한다.
- [0004] 종래의 작동 밸브 조립체는 편향 스프링을 극복하여 액추에이터 피스톤 및 연결 밸브 부재를 이동시키도록 액추에이터 입구 포트의 가압에 응답하는 작동 위치와, 액추에이터 입구 압력의 통기(venting) 및 액추에이터 피스톤 및 밸브 부재의 스프링 운동에 응답하는 정상 또는 복귀 위치 사이의 밸브의 2-위치 동작을 위하여 스프링 편향 공압식 액추에이터를 사용한다.
- [0005] 피스톤형 액추에이터에 의해 작동되는 밸브의 사이클 수명은 빈번한 주기적인 이동(및 대응하는 마모), 극한 온도, 및 가혹한 대기 조건의 영향을 받을 수 있는 액추에이터 피스톤 밀봉구(예를 들어, O-링 또는 개스킷)에 의해 종종 제한된다. 이들 상태의 결과로서, 피스톤 밀봉구 마모 또는 윤활의 손실은 액추에이터 밀봉구를 통한 누출 및/또는 액추에이터 하우징 내에서 피스톤의 증가된 마찰로 이어질 수 있다. 시간 경과에 따라, 이러한 증가하는 누출 또는 마찰은 불안정하거나 방해받는 밸브 작동 및 궁극적인 밸브 고장을 초래하여, 손상된 유체 공급부, 예정되지 않은 시스템 정지, 및 수리 비용을 초래할 수 있다.
- [0006] 다른 적용에서, 밸브에서의 바람직하지 않은 상태(예를 들어, 증가된 마찰, 시트 손상, 시스템 오염)은 밸브 내에서 작동에 대한 증가된 저항을 초래할 수 있고, 이는 잠재적인 밸브 누출 및/또는 유체 시스템 오염에 더하여 작동 밸브의 방해받거나 또는 고착된 상태를 초래할 수 있다. 여전히 다른 적용에서, 밸브에서의 바람직하지 않은 상태(예를 들어, 패킹 부하(packing load)의 손실, 파손된 액추에이터 스프링 또는 밸브 요소)는 밸브 내에서 작동에 대한 감소된 저항을 초래하고, 이는 밸브 누출을 초래할 수 있다.
- [0007] 또 다른 적용에서, 액추에이터 가압력 및/또는 스프링 복귀 행정력은 밸브 부재와 밸브 시트 사이의 과도한 폐쇄력(이는 시트/밀봉구 마모, 변형 및/또는 입자 발생을 초래할 수 있음) 또는 원하는 것보다 빠르거나 느린 밸브 작동을 포함하여 바람직하지 않은 상태를 생성할 수 있다. 차단 상태에서 밸브 요소에 대한 적절한 밀봉을 제공하도록, 밸브에는 밸브 폐쇄시에 밸브 요소가 밀봉하는 연성(예를 들어, 플라스틱, 탄성 중합체) 밸브 시트가 종종 제공된다. 높은 사이클 주파수, 높은 액추에이터 압력("상시 개방" 유체 구동식 액추에이터의 경우에), 및/또는 예를 들어, 고온, 높은 유동 또는 화학적 반응성과 같은 밸브 시트 왜곡 상태를 수반하는 적용의 경우에, 밸브 요소와 밸브 시트 사이의 폐쇄력은 마모 입자를 발생시킬 수 있으며, 이는 유체 시스템을 오염시키고 및/또는 밸브 시트 누출을 초래할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 작동 밸브의 제어 및 모니터링을 위한 시스템 및 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 본 개시내용의 예시적인 실시형태에서, 밸브를 위한 유체 구동식 액추에이터의 성능을 모니터링하는 방법이 고려된다. 예시적인 방법에서, 가압된 유체는 액추에이터를 동작시키도록 제1 기간 동안 액추에이터 공급 라인을 통해 액추에이터의 입구 포트에 공급된다. 액추에이터 공급 라인에서의 유체 유동 상태에 대응하는 변화는 제1 기간 동안 측정되고, 측정된 변화는 밸브 및 액추에이터 중 적어도 하나에서 비순응 상태(non-compliant condition)를 식별하도록 분석된다. 이어서, 식별된 비순응 상태를 전달하는 출력이 발생된다.
- [0010] 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에서, 작동 밸브 시스템은 유량 제어 밸브 요소를 포함하는 밸브, 및 밸브와 조립되고, 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 액추에이터의 입구 포트의 가압(pressurization)에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재를 포함하는 액추에이터를 포함한다. 파일럿 밸브는 액추에이터 공급 라인에 의해 액추에이터 입구 포트와 연결되며, 파일럿 밸브는 제1 위치에서 액추에이터 유체 공급 라인에 가압된 유체를 공급하고, 제2 위치에서 액추에이터 유체 공급 라인으로부터 가압된 유체를 배출하도록 작동 가능하다. 파일럿 밸브가 제1 및 제2 위치 중 적어도 하나에 있을 때, 압력 억제 디바이스는 액추에이터 공급 라인에서 설정 압력을 유지하도록 액추에이터 공급 라인과 연결된다. 센서가 액추에이터 공급 라인에 연결되고, 센서는 정상 위치와 작동 위치 사이에서 액추에이터 부재의 이동 및 액추에이터 부재

를 통한 가압된 유체의 누출 중 적어도 하나에 대응하는 액추에이터 공급 라인에서의 유체 유동 상태를 측정하도록 구성된다.

[0011] 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에서, 작동 밸브 시스템은 유량 제어 밸브 요소를 갖는 밸브, 밸브와 조립된 액추에이터, 밸브 제어 모듈, 센서, 및 제어기를 포함한다. 액추에이터는, 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 액추에이터의 입구 포트의 가압에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재를 포함한다. 밸브 제어 모듈은 액추에이터 입구 포트에 연결된 작동 포트, 가압된 유체의 소스와 연결을 위한 가압 포트, 및 배출 포트를 포함한다. 밸브 제어 모듈은 가압 포트와 작동 포트 사이의 유동을 허용하고 액추에이터 입구 포트의 가압을 위해 작동 포트와 배출 포트 사이의 유동을 차단하는 제1 상태, 가압 포트와 작동 포트 사이의 유동을 차단하고 액추에이터 입구 포트에서 가압된 유체를 포획하도록 작동 포트와 배출 포트 사이의 유동을 차단하는 제2 상태, 및 가압 포트와 작동 포트 사이의 유동을 차단하고 액추에이터 입구 포트의 통기를 위하여 작동 포트와 배출 포트 사이의 유동을 허용하는 제3 상태 사이에서 작동 가능한 파일럿 밸브 장치를 더 포함한다. 센서는 액추에이터 입구 포트의 유체 상태를 측정하도록 액추에이터 입구 포트와 유체 연통한다. 제어기는 제1, 제2 및 제3 상태에 대한 파일럿 밸브 장치의 동작을 위해 센서와 파일럿 밸브 장치와 회로 통신하고, 제어기는 센서로부터 제어기로 전달된 측정된 유체 상태에 응답하여 파일럿 밸브 장치의 동작을 자동으로 조정하도록 구성된다.

[0012] 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에서, 작동 밸브 시스템은 유량 제어 밸브 요소를 포함하는 밸브, 및 밸브와 조립된 액추에이터를 포함한다. 액추에이터는, 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 액추에이터의 입구 포트의 가압에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 밸브 요소와 함께 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재, 및 가압된 액추에이터의 통기에 응답하여 작동 위치로부터 정상 위치로 액추에이터 부재와 밸브 요소를 복귀시키도록 구성된 편향 스프링을 포함한다. 편향 스프링 장치는, 정상 위치로부터 작동 위치로 액추에이터 부재 및 밸브 요소를 이동시키는데 필요한 액추에이터 압력이 정상 위치로부터 액추에이터 행정을 시작하는데 필요한 액추에이터 압력보다 적어도 50% 더 크도록 구성된 스프링률(spring rate)을 갖는다.

[0013] 본 출원의 다른 예시적인 실시형태에서, 작동 밸브 시스템은 밸브, 액추에이터, 파일럿 밸브, 및 배압 장치(backpressure arrangement)를 포함한다. 액추에이터는, 밸브 요소와 작동 가능하게 연결되고 적어도 최소 작동 압력으로의 입구 포트의 가압에 응답하여 정상 위치로부터 작동 위치로 이동 가능한 유체 구동식 액추에이터 부재와 유체 연통하는 입구 포트를 포함한다. 액추에이터는 입구 포트의 감압 시에 액추에이터 부재를 정상 위치로 복귀시키기 위해 편향력을 인가하도록 구성된다. 파일럿 밸브는 액추에이터 입구 포트와 연결된 공급 포트를 가지며, 제1 위치에서 액추에이터 입구 포트에 가압된 유체를 공급하고 제2 위치에서 파일럿 밸브에 있는 배출 포트를 통해 액추에이터 입구 포트로부터 가압된 유체를 배출시키도록 작동 가능하다. 배압 장치는 파일럿 밸브가 제2 위치로 이동될 때 액추에이터 부재에 대한 최소 작동 압력보다 작은 정압(positive pressure)을 보유하기 위해 액추에이터 입구 포트와 유체 연통한다.

[0014] 본 출원의 다른 예시적인 실시형태에서, 배압 디바이스(backpressure device)는 입구 포트로부터 출구 포트까지 연장되는 통로를 획정하는 바디, 통로에 배치된 시트, 바디에 배치된 밀봉 부재, 및 입구 포트와 유체 연통하는 공학적 누출 경로(engineered leak path)를 포함한다. 밀봉 부재는 입구 포트에 인가된 설정 공압 압력에서 시트와 밀봉 결합되도록 편향되고, 밀봉 부재는 입구 포트에 인가된 설정 공압 압력보다 큰 임의의 과잉 공압 압력을 출구 포트를 통해 방출하도록 시트로부터 분리된다. 공학적 누출 경로는 설정 공압 압력과 동일한 입구 압력에서 약 0.25 sccm 내지 2.5 sccm의 누출률(leak rate)을 제공하도록 구성된다.

### 발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면 작동 밸브의 제어 및 모니터링을 위한 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 개시내용의 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 2는 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 3은 전체 밸브 동작을 나타내는 도 2의 작동 밸브 시스템의 예시적인 밸브 사이클 압력 프로파일을 도시한 도면;

도 4는 불완전하거나 실패한 작동을 나타내는 도 2의 작동 밸브 시스템의 예시적인 밸브 사이클 압력 프로파일

을 도시한 도면;

도 5는 액추에이터 피스톤을 통한 누출을 나타내는 도 2의 작동 밸브 시스템의 예시적인 밸브 사이클 압력 프로파일을 도시한 도면;

도 6은 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 7은 도 6의 작동 밸브 시스템의 예시적인 밸브 사이클 압력 프로파일을 도시한 도면;

도 8은 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 9는 도 8의 작동 밸브 시스템의 예시적인 밸브 사이클 압력 프로파일을 도시한 도면;

도 10은 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 11은 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 12는 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 12a는 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 파일럿 밸브 장치의 개략도;

도 12b는 본 개시내용의 다른 예시적인 실시형태에 따른 다른 파일럿 밸브 장치의 개략도;

도 13은 본 출원의 예시적인 실시형태에 따른 작동 밸브 시스템의 개략도;

도 14는 본 출원의 다른 예시적인 실시형태에 따른 배압 디바이스 개략 단면도;

도 15는 본 출원의 다른 예시적인 실시형태에 따른 배압 디바이스의 개략 단면도; 및

도 16은 본 출원의 다른 예시적인 실시형태에 따른 밸브 액추에이터의 단면도.

### **발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 본 발명의 다양한 발명의 양태, 개념 및 특징이 예시적인 실시형태에서 조합하여 구현되는 것으로서 본 명세서에서 설명되고 예시될 수 있지만, 이러한 다양한 양태, 개념 및 특징은 많은 대안적인 실시형태에서 개별적으로 또는 그 다양한 조합 및 하위 조합으로 사용될 수 있다. 본 명세서에서 명백하게 배제되지 않는 한, 이러한 모든 조합 및 하위 조합은 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 의도된다. 또한, 본 발명의 다양한 양태, 개념 및 특징에 관한 다양한 대안적인 실시형태(예컨대, 대안적인 재료, 구조, 구성, 방법, 회로, 디바이스 및 구성 요소, 형태, 적합성 및 기능 등에 대한 대안 등)가 본 명세서에서 설명될 수 있지만, 이러한 설명은 현재 공지되거나 추후에 개발되는 이용 가능한 대안적인 실시형태의 완전하거나 또는 철저한 목록이도록 의도되지 않는다. 당업자는 이러한 실시형태가 본 명세서에 명백하게 개시되지 않더라도 본 발명의 양태, 개념 또는 특징 중 하나 이상을 본 발명의 범위 내에서 추가의 실시형태 및 용도로 용이하게 채택할 수 있다. 추가적으로, 본 발명의 일부 특징, 개념 또는 양태가 본 명세서에서 바람직한 장치 또는 방법인 것으로 설명될 수 있더라도, 이러한 설명은 이러한 특징이 명시적으로 언급되지 않는 한 요구되거나 필요하다는 것을 암시하도록 의도되지 않는다. 또한, 예시적이거나 또는 대표적인 값 및 범위가 본 개시내용의 이해를 돕도록 포함될 수 있으며, 그러나, 이러한 값 및 범위는 제한적인 의미로 해석되어서는 안되며, 명시적으로 언급된 경우에만 중요한 값 또는 범위이도록 의도된다. 지정된 값을 "대략" 또는 "약"으로서 식별한 파라미터는 달리 명시하지 않는 한 지정된 값, 및 지정된 값의 10% 이내의 값들을 모두 포함하도록 의도된다. 또한, 본 개시내용을 수반하는 도면은 축척일 필요는 없지만, 도면에서 명백한 다양한 비 및 비율을 교시하는 것으로 이해될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 더욱이, 본 발명의 다양한 양태, 특징 및 개념은 본 명세서에서 발명적이거나 발명의 일부를 형성하는 것으로 명시적으로 식별될 수 있지만, 이러한 식별은 배타적인 것이 아니라, 오히려 특정 발명의 이러한 또는 일부로서 명시적으로 식별되지 않고 본 명세서에 완전히 기술된 발명의 양태, 개념 및 특징이 있을 수 있으며, 본 발명은 대신 첨부된 청구 범위에 기재되어 있다. 예시적인 방법 또는 공정의 설명은 모든 경우에 필요한 것으로 모든 단계를 포함하는 것으로 제한되지 않으며, 명시적으로 언급되지 않는 한 단계가 요구되거나 필요한 것으로 해석되도록 제시되는 순서도 아니다.

[0018] 본 발명은 유체 구동식(예를 들어, 공압식) 액추에이터의 성능을 모니터링하고 및/또는 제어하기 위한 시스템 및 방법을 고려한다. 예를 들어, 유체 구동식 액추에이터의 성능은 액추에이터 고장, 밸브 고장, 또는 액추에이터 고장 또는 밸브 고장이 임박했음을 나타내는 상태(예를 들어, 유체 구동식 액추에이터 부재를 통한 누출, 요구되는 작동력에서의 변화)을 식별하도록 모니터링될 수 있다. 본 개시내용에서의 예시적인 실시형태는 선형 작

동 밸브(예를 들어, 다이어프램 밸브)와 조립된 스프링 편향 공압식 액추에이터에 관한 것이지만, 본 개시내용에서 설명된 특징 및 양태는 추가적으로 또는 대안적으로 다른 유형의 액추에이터(예를 들어, 유압 또는 다른 유체 구동식 액추에이터, 비스프링 편향 액추에이터, 복동식 액추에이터), 다른 유형의 밸브(예를 들어, 로터리 밸브, 게이트 밸브 등), 및 다른 유형의 가압된 유체 적용에 적용될 수 있다.

- [0019] 밸브(예를 들어, 유량계, 전자 기계 스위치)에 설치되거나 또는 이와 조립된 센서가 밸브 상태 및 밸브의 성능 특성을 모니터링할 수 있지만, 극한 또는 까다로운 시스템 유체 상태(예를 들어, 압력, 온도, 부식성/가성 유체 (caustic fluid))는 사용될 수 있는 센서의 유형 및/또는 이러한 센서의 수명을 제한할 수 있다.
- [0020] 본 개시내용의 예시적인 양태에 따르면, 밸브 및 액추에이터 성능은 액추에이터 유체 유동 상태를 측정하는 것에 의해 모니터링될 수 있으며, 이는 액추에이터의 입구 포트에 연결된 액추에이터 공급 라인에 가압된 액추에이터 유체를 선택적으로 공급하는 파일럿 밸브에 또는 이에 근접한 액추에이터 유체 회로에 있는 밸브 액추에이터로부터 원격 위치에서 이러한 상태를 측정하거나 또는 감지하기 위해 제공될 수 있지만, 반드시 그럴 필요는 없다. 이러한 원격 위치에서, 임의의 극한 또는 요구가 많은 시스템 유체 또는 환경 상태로부터의 격리가 달성될 수 있다.
- [0021] 밸브 액추에이터와 유체 연통하는 상이한 유형의 센서가 제공될 수 있다. 하나의 예로서, 액추에이터와 직접 또는 간접적으로 연결된 유동 센서는 액추에이터 피스톤의 유체 압력 또는 스프링 복귀 운동과 관련된 유동(예를 들어, 밸브의 작동, 작동의 타이밍, 작동의 지속 기간, 작동에 필요한 압력 등을 확인하도록), 또는 액추에이터 피스톤을 통한 누출과 관련된 유동(예를 들어, 점진적인 액추에이터 마모 또는 심한 누출로 인한 임박한 액추에이터 고장을 식별하도록)을 검출하도록 사용될 수 있다. 다른 예로서, 액추에이터와 직접 또는 간접적으로 연결된 압력 센서는 또한 액추에이터 피스톤의 유체 압력 또는 스프링 복귀 운동(예를 들어, 밸브의 작동, 작동의 지속 기간, 작동에 필요한 압력 등을 확인하도록), 또는 액추에이터 피스톤을 통한 누출(예를 들어, 점진적인 액추에이터 마모 또는 심한 누출로 인한 임박한 액추에이터 고장을 식별하도록)과 관련된 액추에이터 공급 라인 압력에서의 변화를 검출하도록 사용될 수 있다.
- [0022] 도 1은 액추에이터 공급 라인(129)에 의해 액추에이터 유체 소스(150)에 연결된 액추에이터 포트(121)를 갖는 유체 동작식(예를 들어, 공압식) 액추에이터(120)를 갖는 작동 밸브(110) 및 파일럿 밸브(140)(예를 들어, 솔레노이드 동작 스위칭 밸브) 또는 다른 공급 밸브를 포함하는 작동 밸브 시스템(100)을 개략적으로 도시한다. 액추에이터 공급 라인(129)은 예를 들어 별도의 도관 구성 요소(예를 들어, 튜브, 파이프, 호스) 및 액추에이터 및 파일럿 밸브 중 하나 또는 둘 모두에 통합된 포팅(porting) 또는 통로를 포함하는 다양한 구성 요소 및 장치로 형성될 수 있어서, 파일럿 밸브는 액추에이터 포트에 직접 조립될 수 있다.
- [0023] 밸브(110)를 작동시키기 위해, 파일럿 밸브(140)는 액추에이터 피스톤(123)을 이동시키고, 이에 의해 밸브 요소(115)를 이동시키도록 가압된 액추에이터 유체를 액추에이터 입구 포트에 공급하기 위해 액추에이터 유체 소스(150)를 액추에이터 포트(121)로 개방하도록 동작된다. 이것은 액추에이터 공급 라인을 통한 유체 유동 및 액추에이터 공급 라인에서의 압력을 증가를 초래한다. 압력 및/또는 유동은 액추에이터 공급 라인(129)과 유체 연통하는 센서(135)(예를 들어, 압력 트랜스듀서, 유량계)에 의해 모니터링될 수 있다. 센서(135)는 센서(135)에 근접하거나 이로부터 원격 위치에 있는 시스템 제어기(160)(예를 들어, 컴퓨터)와 (예를 들어, 유선 또는 무선 연결에 의해) 연결될 수 있는 제어 회로(139)를 구비할 수 있다. 시스템 제어기(160)는 정상 동작 상태를 검증하거나 또는 비순응 시스템 상태를 식별하도록 유체 유동 상태에서의 측정된 변화를 분석하기 위한 회로(예를 들어, 마이크로 프로세서)를 포함할 수 있다.
- [0024] 전술한 장치에서, 예를 들어, 작동 동안 예상된 유동으로부터 액추에이터 유체 유동에서의 편차(예를 들어, 저장된 사전 결정 또는 이전에 발생된 파라미터)에 기초하여 작동 밸브(110)의 고장 또는 다른 비순응 상태의 검출은 예를 들어 시스템 정지 및 밸브 유지 보수 또는 교체를 촉진하기 위해 고장 상태에 대한 경고를 (예를 들어, 시스템 제어기(160)와의 통신을 통해) 사용자에게 제공하는데 사용될 수 있다.
- [0025] 추가적으로, 여전히 기능하는 밸브에서 작동 밸브 성능 편차의 검출은 밸브 고장으로 진행될 가능성이 있는 상태를 사용자에게 대한 경고를 제공하기 위해 사용될 수 있다. 하나의 예로서, 액추에이터(120)가 가압되지만 작동되지 않을 때 가압된 액추에이터 공급 라인 내의 압력에서 측정 가능한 감소 또는 액추에이터 공급 라인(129)을 통한 측정 가능한 유동은 유체 구동식 액추에이터 부재(123)(예를 들어, 액추에이터 피스톤)를 통한 누출을 나타낼 수 있다. 높은 사이클 밸브에서, 액추에이터 피스톤 밀봉구 마모 및/또는 윤활의 손실은 누출이 밸브 작동을 제한하거나 방지할만큼 충분히 심해질 때까지 액추에이터의 수명에 걸쳐서 액추에이터 피스톤 누출을 증가시킬 수 있다. 누출의 레벨이 작동 방해 레벨에 도달하기 전에 액추에이터 피스톤 누출을 식별하는 것에 의해, 계

획된 유지 보수는 예정된 정지 동안 액추에이터에서 수행되고, 이에 의해 비상 정지 및/또는 생산 손실을 피할 수 있다.

[0026] 다른 예로서, 작동에 대응하는 액추에이터 입구 압력에서의 변화 또는 변곡을 측정하는 것에 의해, 또는 액추에이터 피스톤 운동에 대응하는 입구 압력 또는 유량(flow rate)에서의 변화가 발생하는 시간 지연 또는 지속 기간을 측정하는 것에 의해, 예상된 액추에이터 입구 압력보다 큰 밸브 작동 of 발생의 식별은 예를 들어 밸브 요소 마모 또는 마손(galling), 윤활의 손실, 시스템 오염 또는 다른 요인으로 인해 작동에 대한 증가된 밸브 저항을 나타낼 수 있다. 이러한 잠재적 상태의 조기 식별은 밸브 유지 보수를 적시에 가능하게 할 수 있다.

[0027] 또 다른 예로서, 작동에 대응하는 액추에이터 입구 압력에서의 변화 또는 변곡을 측정하는 것에 의해, 또는 액추에이터 피스톤 운동에 대응하는 입구 압력 또는 유량에서의 변화가 발생하는 시간 지연 또는 지속 기간을 측정하는 것에 의해, 예상된 액추에이터 입구 압력보다 낮은 밸브 작동의 발생의 식별은 예를 들어 패킹 부하의 손실, 다이어프램/벨로우즈 편향력의 약화, 또는 다른 이러한 요인으로 인한 작동에 대한 감소된 밸브 저항을 나타낼 수 있다. 이러한 잠재적 상태의 조기 식별은 밸브 유지 보수를 적시에 가능하게 할 수 있다.

[0028] 문제가 있는 밸브 성능 상태를 진단하고 해결하도록 프로그래밍된 시스템 제어기에 이러한 측정된 성능 상태를 전달하는 것에 의해, 밸브 유지 보수는 밸브 고장의 검출 또는 임박한 밸브 고장의 예상 시에 자동으로 개시될 수 있다. 시스템 제어기는 유지 보수 절차, 재고로부터 부품의 요청을 자동으로 예약하거나 또는 시스템 구성 요소 및 조립체의 교체를 주문하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0029] 본 개시내용의 예시적인 실시형태에서, 작동 밸브의 성능 상태는 액추에이터의 상류의 액추에이터 유체(예를 들어, 공기, 질소)의 가압 체적 또는 챔버의 압력을 측정하는 압력 트랜스듀서(또는 다른 이러한 압력 센서)를 사용하여 밸브 작동 전에, 동안 및 후에 피스톤형 액추에이터의 압력 프로파일을 측정하는 것에 의해 결정된다. 압력 억제 디바이스(예를 들어, 가압 실린더 또는 다른 이러한 챔버, 또는 배압 디바이스)는 설정 압력에서의 편차가 그로부터 측정될 수 있는 액추에이터 공급 라인에서의 설정 압력을 유지하도록 액추에이터 공급 라인과 유체 연통하여 연결될 수 있다. 예시적인 장치에서, 도 2에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(200)은 액추에이터 유체 소스(250)와 연결되는 가압 챔버(230)와 함께, 액추에이터 공급 라인(229) 및 파일럿 밸브(240)(예를 들어, 솔레노이드) 또는 다른 공급 밸브에 의해 가압 챔버(230)(예를 들어, 샘플 실린더)에 연결된 액추에이터 포트(221)를 갖는 공압 동작식 액추에이터(220)를 갖는 작동 밸브(210)를 포함한다. 밸브(210)를 작동시키기 위해, 파일럿 밸브(240)는 챔버로부터 액추에이터 입구 포트에 가압된 액추에이터 유체를 공급하도록 가압된 챔버(230)를 액추에이터 포트(221)로 개방하도록 동작된다. 이것은 챔버가 액추에이터 유체 소스(250)에 의해 재충전되고 압력이 회복될 때까지 챔버(230) 내의 압력에서의 일시적인 감소를 초래한다. 챔버(230) 내의 압력은 압력 트랜스듀서(235)에 의해 모니터링되며, 압력 트랜스듀서는 압력 트랜스듀서(235)에 근접하거나 이로부터 원격 위치에 있는 시스템 제어기(260)(예를 들어, 컴퓨터)와 (예를 들어, 유선 또는 무선 연결에 의해) 연결될 수 있다.

[0030] 도 3의 밸브 사이클 압력 프로파일(P)에 도시된 바와 같이. 도 2의 개략적인 실시형태를 참조하면, 가압된 액추에이터 유체가 적절하게 기능하는 액추에이터(220)에 초기에 (예를 들어, 가압 체적과 액추에이터 사이의 파일럿 밸브를 개방하는 것에 의해) 공급될 때, 시간( $t_1$ )(개방 위치로의 파일럿 밸브의 작동에 대응하는)에서, 공급된 유체 압력이 피스톤을 이동시키는데(예를 들어, 편향 스프링(222) 및/또는 밸브 요소(215)에 대해) 충분한 압력으로 액추에이터 피스톤(223)에 의지함에 따라서, 압력 트랜스듀서에 의해 측정된 가압 챔버(230) 내의 압력은 설정 압력( $p_0$ )으로부터 제1 감소된 압력( $p_1$ )으로 감소한다. 액추에이터 피스톤(223)이 작동 위치로 이동하고 가압된 유체가 피스톤 뒤의 액추에이터에 있는 캐비티(224)를 채움에 따라서, 챔버(230) 내의 압력은 제1 감소된 압력( $p_1$ )으로부터 제2 감소된 압력( $p_2$ )으로, 일반적으로 설정 압력( $p_0$ )으로부터 제1 감소된 압력( $p_1$ )으로의 압력 변화보다 얇거나 더 점진적인 기울기로 더욱 감소한다.

[0031] 가압 챔버(230)에서 압력을 회복하도록, 액추에이터 유체 소스(250)는 가압된 액추에이터 유체를 가압 챔버에 공급한다. 액추에이터 유체 소스(250)는 가압 챔버(230)로 (예를 들어, 공급 밸브의 사용자 개시 또는 프로그래밍된 개방에 의해) 선택적으로 개방될 수 있지만, 다른 실시형태에서, 액추에이터 유체 소스와 가압 챔버 사이의 유동이 챔버(230) 내에서의 압력 증가를 지연시키도록 감소된 오리피스 또는 다른 유동 제한부(255)를 사용하여 제한되어서, 밸브 작동으로 인한 챔버 압력에서의 변화는 보다 용이하게 측정될 수 있다. 이러한 제한된 유동 상태의 결과는 제2 감소된 압력( $p_2$ )과 작동후 회복 압력( $p_3$ ) 사이의 압력 곡선의 기울기에서 명백하며, 이는 밸브의 작동이 완료된 후에 가압 챔버 내의 압력에서의 점진적인 증가를 나타낸다.

- [0032] 도 3의 전형적인 압력 프로파일(P)로부터의 편차는 밸브 또는 액추에이터에서의 마모, 손상 또는 결합 상태의 표시를 제공할 수 있다. 예를 들어, 밸브 사이클 압력 프로파일( $P_A$ )에 도시된 바와 같이, 예상보다 낮은 제1 감소된 압력( $p_{1a}$ )은 예를 들어 액추에이터 피스톤과 하우징 사이 또는 밸브 스템(또는 다른 밸브 요소)과 밸브 시트 사이의 마찰 증가로 인해 (가압 챔버에 의해 공급되는 것과 같은 더 높은 유체 압력을 요구하는) 작동에 대한 증가된 저항을 나타낼 수 있다. 다른 예로서, 밸브 사이클 압력 프로파일( $P_B$ )에 도시된 바와 같이, 예상보다 높은 제1 감소된 압력( $p_{1b}$ )은 예를 들어, 감소된 패키징 또는 밀봉 부하, 파손되거나 또는 약화된 밸브 다이어프램 또는 벨로우즈, 또는 파손되거나 또는 약화된 액추에이터 스프링으로 인해 (압력 챔버에 의해 공급되는 것과 같은 더 낮은 유체 압력을 요구하는) 작동에 대한 감소된 저항을 나타낼 수 있다.
- [0033] 여전히 다른 예로서, 도 4의 밸브 사이클 압력 프로파일( $P_C$ )에 도시된 바와 같이, 예상된 것보다 높고 및/또는 예상된 것보다 더 빠른 시간(T)에서 (도 3에서의 압력 지점( $p_{2b}$ )과 비교하여) 제2 감소된 압력( $p_{2c}$ )은 불완전한 액추에이터 행정을 나타낼 수 있지만, 제1 감소된 압력( $p_1$ )으로부터 작동후 회복 압력( $p_3$ )으로 증가하는 압력 곡선과 함께, 밸브 사이클 압력 프로파일( $P_D$ )에 도시된 바와 같이 제2 감소된 압력 지점의 실질적인 부재는 고착된 밸브 또는 액추에이터를 나타낼 수 있다.
- [0034] 또 다른 예로서, 도 5의 밸브 사이클 압력 프로파일( $P_E$ )에 도시된 바와 같이, 설정 압력( $p_0$ )보다 낮은 작동후 회복 압력( $p_{3e}$ )은 파일럿 밸브가 폐쇄될 때까지 가압 챔버에서의 압력의 완전한 회복을 방지하기에 충분한 액추에이터 피스톤을 통한 누설을 나타낼 수 있다. 많은 적용에서, 예를 들어 마모된 피스톤 밀봉구 또는 건조되거나 또는 그렇지 않으면 손실된 윤활로 인해 액추에이터를 통한 가압된 액추에이터 유체의 누출은 고착된 밸브(예를 들어, 스프링 편향 폐쇄 위치에서)에서 초래되는 완전한 액추에이터 고장(예를 들어, 심한 액추에이터 누출로 인한)에 대한 전조이다. 따라서, 소량의 누출의 초기 검출은 임박하는 심한 누출 및 액추에이터 고장의 진단을 가능하게 할 수 있다. 이러한 초기 누출 검출은 액추에이터 수리 또는 교체와 같은 예정된 유지 보수에 의지할 수 있다.
- [0035] 시스템 제어기(260)가 밸브 사이클 압력 프로파일에서의 측정된 변화를 분석하고 이러한 편차 압력 상태를 식별할 때, 시스템 제어기는 비순응 상태를 전달하는 출력을 발생시킬 수 있으며, 출력은 청각적 또는 시각적 경고 또는 경고 메시지(예를 들어, 문자 또는 전자 메일 메시지)의 형태로 제공될 수 있다.
- [0036] 도 2의 실시형태에서와 같이 압력 센서가 파일럿 밸브로부터 상류에 배치되는 적용에서, 밸브/액추에이터 성능의 특성은 파일럿 밸브가 폐쇄되거나 액추에이터가 통기 상태에 있을 때 센서에 의해 측정될 수 없다. 다른 장치에서, 압력 센서 또는 압력 트랜스듀서는 액추에이터 밸브로부터 하류에 또는 액추에이터로부터 상류에 제공되어, 파일럿 밸브가 액추에이터 가압 상태에 있는지 또는 액추에이터 통기 상태에 있는지에 관계없이 액추에이터 입구 압력에서의 변화의 검출을 가능하게 할 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 도 6에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(300)은 액추에이터 공급 라인(329) 및 파일럿 밸브(340)(예를 들어, 솔레노이드 동작 스위칭 밸브) 또는 다른 공급 밸브에 의해 액추에이터 유체 소스(350)에 연결된 액추에이터 포트(321)를 갖는 공압 동작식 액추에이터(320)를 갖는 밸브(310)를 포함하며, 압력 트랜스듀서(335) 또는 다른 이러한 압력 센서는 파일럿 밸브(340)와 액추에이터 포트(321) 사이의 액추에이터 공급 라인(329)에 배치되고, 압력 트랜스듀서(335)에 근접하거나 이로부터 원격 위치에 있는 시스템 제어기(360)(예를 들어, 컴퓨터)와 (예를 들어, 유선 또는 무선 연결에 의해) 연결된다.
- [0037] 밸브(310)를 작동시키도록, 파일럿 밸브(340)는 액추에이터 입구 포트에 가압된 액추에이터 유체를 공급하기 위해 액추에이터 포트(321)로 액추에이터 유체 소스(350)를 개방하도록 동작된다. 이것은 압력 트랜스듀서(335)에 의해 측정된 바와 같이 액추에이터 공급 라인(329)에서의 초기 압력 증가를 초래한다. 액추에이터 공급 라인에서의 압력이 액추에이터 스프링(322) 편향력 및 밸브 요소(315)에 의한 작동에 대한 임의의 저항(예를 들어, 밸브 스템 동작 토크, 또는 다이어프램/벨로우즈 편향력)을 극복하는데 충분할 때, 액추에이터 피스톤(323)은 액추에이터 스프링(322)을 거슬러 작동 위치로 이동하여, 액추에이터 피스톤 아래(이로부터 상류)의 증가된 체적으로 인해 액추에이터 입구 압력에서의 짧은 강하를 유발한다. 밸브(310)를 정상(예를 들어, 편향되어 폐쇄된) 위치로 복귀시키도록, 파일럿 밸브(340)는 액추에이터 공급 라인(329)에, 그리고 액추에이터 피스톤(323) 아래의 가압된 액추에이터 유체를 통기하거나 또는 배출하도록 동작된다. 압축된 액추에이터 스프링(322)이 액추에이터 유체에 대해, 그리고 밸브 요소(315)에 의한 작동에 대한 임의의 저항(예를 들어, 밸브 스템 동작 토크, 또는 다이어프램/벨로우즈 편향력)에 대해 액추에이터 피스톤(323)을 이동시키는 것을 가능하게 하도록 액추에

이터 공급 라인에서의 압력이 충분한 양까지 감소될 때, 액추에이터 피스톤(323)은 스프링 편향된 위치로 이동되어, 액추에이터 피스톤 아래(이로부터 상류)의 감소된 체적으로 인해 액추에이터 입구 압력에서의 짧은 증가를 유발한다.

[0038] 도 7의 밸브 사이클 압력 프로파일에 도시된 바와 같이, 그리고 도 6의 개략적인 실시형태를 참조하여, 가압된 액추에이터 유체가 초기에 시간( $t_1$ )에서 적절히 기능하는 밸브 상에서 적절히 기능하는 액추에이터(320)에 공급될 때(예를 들어, 가압된 체적과 액추에이터 사이에서 파일럿 밸브를 개방하는 것에 의해), 가압 동안 압력 프로파일에서의 변곡 또는 압력 증가( $p_x$ 에서)에서의 속도에서의 짧은 감소는 액추에이터의 동작(액추에이터 스프링 편향 및 밸브 요소 저항력에 대해)이 실행되는 입구 압력을 나타낸다. 이러한 압력 변곡점( $p_x$ )은 예를 들어 밸브 요소 마손, 윤활의 손실 또는 시트 클립핑(seat clipping)(압력 변곡점( $p_x$ )에서의 증가에 의해 식별되는 것과 같은), 또는 불충분한 패킹 토크, 액추에이터 스프링 손상, 또는 손상된 다이어프램/벨로우즈(압력 변곡점( $p_x$ )에서의 감소에 의해 식별되는 것과 같은)와 같은 상태를 식별하기 위해 액추에이터 성능 및/또는 밸브 요소 저항(예를 들어, 동작 토크)에서의 변화 또는 편차를 식별할 수 있다. 압력 증가의 감소된 속도의 시간 지속은 밸브 사이클 시간을 나타낼 수 있으며, 이는 작동 곤란성(예를 들어, 증가된 밸브 동작 토크 또는 심한 액추에이터 누출로 인한)의 추가 표시를 제공할 수 있다. 또한, 액추에이터 가압 동안 변곡점( $p_x$ )의 부재는 밸브가 작동하는데 실패하였다는 표시를 제공할 수 있다.

[0039] 도 7의 밸브 사이클 압력 프로파일에서 추가로 도시된 바와 같이, 가압된 액추에이터 유체가 (예를 들어, 파일럿 밸브를 배출/통기 스위칭 위치로 스위칭하는 것에 의해) 액추에이터 공급 라인(329)을 통해 시간( $t_2$ )에서 밸브 액추에이터(320)로부터 통기 또는 배출될 때, 감압 동안 압력 프로파일에서의 변곡 또는 압력 강하( $p_y$ 에서)의 속도에서의 짧은 감소는 액추에이터 스프링력이 정상 또는 편향 위치로의 액추에이터의 동작을 실행하도록 작동에 대한 입구 압력 및 밸브 요소 저항을 극복하는 입구 압력을 나타낸다. 이러한 압력 변곡점( $p_y$ )은 예를 들어 밸브 요소 마손, 윤활의 손실 또는 시트 클립핑(압력 변곡점( $p_y$ )에서의 감소에 의해 식별되는 것 등), 또는 불충분한 패킹 토크 또는 손상된 다이어프램/벨로우즈와 같은 상태(압력 변곡점( $p_y$ )에서의 증가에 의해 식별되는 것 등)를 식별하기 위해 액추에이터 성능 및/또는 밸브 요소 저항(예를 들어, 동작 토크)에서의 변화 또는 편차를 식별할 수 있다. 압력 강하의 감소된 속도의 시간 지속 기간은 밸브 사이클 시간을 나타낼 수 있으며, 이는 (예를 들어, 증가된 밸브 동작 토크 또는 심한 액추에이터 누출로 인한) 작동 곤란성의 추가 표시를 제공할 수 있다. 또한, 액추에이터 감압 동안 변곡점( $p_y$ )의 부재는 밸브가 작동하는데 실패하였다는 표시를 제공할 수 있다.

[0040] 본 개시내용의 다른 양태에 따르면, 압력 트랜스듀서 또는 다른 이러한 압력 센서는 파일럿 밸브의 상류에 있는 액추에이터 유체의 가압 체적 또는 챔버와 파일럿 밸브와 액추에이터 입구 사이의 액추에이터 공급 라인 사이의 압력차를 측정하도록 구성될 수 있다. 예시적인 장치에서, 도 8에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(400)은 액추에이터 공급 라인(429) 및 파일럿 밸브(440)(예를 들어, 솔레노이드 동작 스위칭 밸브) 또는 다른 공급 밸브에 의해 가압 챔버(430)(예를 들어, 샘플 실린더)에 연결된 액추에이터 포트(421)를 갖는 공압 동작식 액추에이터(420)를 갖는 밸브(410)를 포함하며, 가압 챔버(430)는 액추에이터 유체 소스(450)와 연결된다. 액추에이터 유체 소스(450)와 가압 챔버(430) 사이의 유동은 챔버(430) 내의 압력 증가를 지연시키도록 감소된 오리피스 또는 다른 유동 제한부(455)를 사용하여 제한될 수 있어서, 밸브 작동으로부터 초래되는 챔버 압력에서의 변화가 보다 용이하게 측정될 수 있다. 밸브(410)를 작동시키기 위해, 파일럿 밸브(440)는 챔버로부터 액추에이터 입구 포트에 가압된 액추에이터 유체를 공급하기 위해 액추에이터 포트(421)로 가압 챔버(430)를 개방하도록 동작된다. 이것은 챔버가 액추에이터 유체 소스(450)에 의해 재충전되고 압력이 회복될 때까지 챔버(430) 내의 압력에서 일시적인 감소를 초래한다.

[0041] 챔버 압력( $P_{inlet}$ ), 공급 라인 압력( $P_{line}$ ), 및 챔버(430)와 액추에이터 공급 라인(429) 사이의 압력차( $P_{diff}$ )는 압력 트랜스듀서(435)에 근접하거나 이로부터 원격 위치에 있는 시스템 제어기(460)(예를 들어, 컴퓨터)와 (예를 들어, 유선 또는 무선에 의해) 연결될 수 있는 압력 트랜스듀서(435)에 의해 모니터링된다. 도 9의 밸브 사이클 압력 프로파일에 도시된 바와 같이, 그리고 도 8의 개략적인 실시형태를 참조하면, 가압된 액추에이터 유체가 시간( $t_1$ )에 적절하게 기능하는 액추에이터(420)에 초기에 공급될 때(예를 들어, 파일럿 밸브(440)를 개방하는 것에 의해), 압력 트랜스듀서(435)에 의해 측정된 바와 같은 압력차( $P_{diff}$ )는 공급된 유체 압력이 피스톤을 이동

시키는데(예를 들어, 편향 스프링(422) 및/또는 밸브 요소에 대해) 충분한 압력으로 액추에이터 피스톤(423)에 의지함에 따라서 설정 압력차( $pd_0$ )로부터 제1 감소된 압력차( $pd_1$ )로 감소한다. 액추에이터 피스톤(423)이 작동 위치로 이동하고 가압된 유체가 피스톤 뒤의 액추에이터(420)에 있는 캐비티(424)를 채움에 따라서, 압력차는 제2 감소된 압력차( $pd_2$ )가 0에 접근할 때까지(액추에이터 공급 라인 압력이 챔버 압력에 실질적으로 동일한 것에 의해) 대체로 설정 압력차( $pd_0$ )로부터 제1 감소된 압력차( $pd_1$ )로의 압력차 변화보다 얇거나 더 점진적인 기울기로 제1 감소된 압력차( $pd_1$ )로부터 제2 감소된 압력차( $pd_2$ )으로 더욱 감소한다. 가압 챔버(430)에서 압력을 회복하기 위해, 액추에이터 유체 소스(450)는 예를 들어 도 2의 실시형태와 관련하여 전술한 바와 같이 가압된 액추에이터 유체를 가압 챔버에 공급한다.

[0042] 파일럿 밸브가 폐쇄되어 시간( $t_2$ )에 작동 밸브를 정상 위치로 복귀시킬 때, 액추에이터(420) 및 액추에이터 공급 라인(429)이 파일럿 밸브(440)를 통해 통기되거나 또는 배출되어 액추에이터 편향 스프링(420)이 (임의의 밸브 요소 저항과 조합하여) 극복하기에 충분히 낮은 압력으로 액추에이터 입구 압력을 감소시킴에 따라서, 압력차( $pd$ )는 제2 감소된 압력차( $pd_2$ )로부터 제3 압력차( $pd_3$ )로 증가한다. 이러한 제3 압력차( $pd_3$ )에서, 정상 또는 복귀 위치로의 액추에이터 피스톤(423)의 스프링 편향 이동은 피스톤이 그 복귀 행정을 완료한 제4 압력차( $pd_4$ )로의 압력차에서의 보다 느리고 점진적인 증가를 유발하며, 액추에이터 입구 압력의 나머지 부분은 통기되어 압력차( $pd$ )가 설정 압력차( $pd_0$ )로 복귀되게 한다.

[0043] 상기 예에서와 같이, 작동에 요구되는 타이밍, 지속 기간, 및 압력에 관한 정보는 식별된 압력차( $pd_1$ ,  $pd_2$ ,  $pd_3$ ,  $pd_4$ )에 대응하는 압력차 곡선에서의 변곡점을 식별하는 것에 의해 결정될 수 있다. 또한, 대안적인 압력차 프로파일( $P_{diff}$ )에 도시된 바와 같이 변곡점의 부재는 액추에이터(420)가 작동하는데 실패하였다는 표시를 제공한다. 추가적으로, 파일럿 밸브(440)가 개방될 때 액추에이터 피스톤(423)을 통한 누출이 있으면, 파일럿 밸브(440)의 폐쇄는 상류 압력에서의 증가(예컨대,  $P_{inlet}$ '로 도시)를 초래할 것이다. 파일럿 밸브가 폐쇄될 때 파일럿 밸브를 통한 누출이 있으면, 설정 압력차는 감소(예컨대,  $pd_0$ '로 도시)될 것이다.

[0044] 본 개시내용의 다른 양태에 따르면, 액추에이터 입구 포트와 배압 디바이스 사이에 배치된 압력 트랜스듀서 또는 다른 이러한 압력 센서에 의해 액추에이터를 통한 누출의 식별을 제공하도록 액추에이터가 정상(예를 들어, 스프링 편향된) 위치에 있을 때, 액추에이터 입구에서 공칭의 비작동 정압(non-actuating positive pressure)을 유지하도록 파일럿 밸브의 배출 포트와 연결된(예를 들어, 이와 직접 또는 간접적으로 조립되거나 또는 통합된) 압력 보유 배압 디바이스(예를 들어, 체크 밸브, 릴리프 밸브)를 갖는 액추에이터 유체 공급/통기 파일럿 밸브가 작동 밸브에 제공될 수 있다.

[0045] 예시적인 장치에서, 도 10에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(500)은 액추에이터 공급 라인(529)과 연결된 압력 트랜스듀서(535) 및 파일럿 밸브(540)의 배출 포트(543)와 연결된(예를 들어, 이와 직접 또는 간접적으로 조립되거나 통합된) 배압 디바이스(570)와 함께, 액추에이터 공급 라인(529)에 의해 액추에이터 유체 소스(550)로부터 하류의 파일럿 밸브(540)에 연결된 액추에이터 포트(521)를 갖는 공압 동작식 액추에이터(520)를 갖는 밸브(510)를 포함한다. 액추에이터 공급 라인(529)에, 그리고 액추에이터 피스톤(523) 아래의 가압된 액추에이터 유체를 통기 또는 배출하도록 파일럿 밸브(540)를 동작시키는 것에 의해 작동 밸브(510)가 정상(예를 들어, 편향되어 폐쇄된) 위치로 복귀될 때, 배압 디바이스(570)는 액추에이터 공급 라인(529)에서 스프링 편향된 액추에이터 피스톤(523)에 대해 공칭의 비작동 정압(예를 들어, 5 내지 10 psi)을 보유한다. 이러한 장치에서, 액추에이터 피스톤(523)을 통한 액추에이터 유체의 누출은 파일럿 밸브(540)가 폐쇄/통기 위치에 있는 동안, 배압 디바이스(570)의 압력 설정 아래의, 압력 트랜스듀서(535)에 의해 배압 디바이스(570)의 압력 설정 아래의 측정된 압력 감소에 의해 검출될 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 파일럿 밸브(540), 압력 트랜스듀서(535), 및 배압 디바이스(570)는 예를 들어 설치의 용이성, 시스템 풋 프린트의 감소 등을 위해 통합된 조립체(505)로서 함께 제공될 수 있다. 예를 들어, 사이클 카운터, 유량계, 프로세서/제어기 및/또는 출력 디스플레이(예를 들어, LED, LCD)를 포함하는 다른 시스템 관리 및/또는 모니터링 구성 요소가 통합 조립체에 또한 제공될 수 있다.

[0046] 도 10의 장치는 도 6의 실시형태와 관련하여 도시되고 전술한 바와 같이 액추에이터(520)의 가압 및 감압 동안 작동 압력 프로파일에서의 변곡점을 식별하는 것에 의해 밸브 액추에이터의 동작의 타이밍, 지속 기간 및 압력 상태의 표시를 추가로 제공할 수 있다.

- [0047] 도 10의 작동 밸브 장치에서, 액추에이터(520)를 통한 누설에 추가하여, 압력 트랜스듀서(535)에 의해 검출된 압력에서의 감소는 추가적으로 또는 대안적으로 파일럿 밸브(540)를 통한 누설 및/또는 배압 디바이스(570)를 통한 누설에 대응할 수 있다. 다른 실시형태에서, 압력 보유 배압 디바이스는 파일럿 밸브의 공급 포트와 연결될 수 있으며(예를 들어, 이와 직접 또는 간접적으로 조립 또는 통합될 수 있으며), 이에 의해 트랜스듀서 압력 검출로부터 파일럿 밸브를 통한 임의의 누설의 영향을 배제할 수 있다. 이러한 장치에서, 배압 디바이스는 액추에이터 가압(즉, 파일럿 밸브 개방) 동안 파일럿 밸브로부터 액추에이터 입구로의 액추에이터 유체의 순방향 유동 및 액추에이터 감압(즉, 파일럿 밸브 폐쇄) 동안 액추에이터 공급 라인으로부터 파일럿 밸브로의 배압 보유 역방향 유동의, 양방향 또는 2-방향 유동을 허용하도록 구성될 수 있다.
- [0048] 예시적인 장치에서, 도 11에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(600)은 파일럿 밸브(640)의 공급 포트(642)와 연결된(예를 들어, 이와 직접 또는 간접적으로 조립되거나 통합된) 압력 트랜스듀서(635) 및 양방향 배압 디바이스(670)와 함께, 액추에이터 공급 라인(629)에 의해 액추에이터 유체 소스(650)로부터의 하류의 파일럿 밸브(640)에 연결되는 액추에이터 포트(621)를 갖는 공압 동작식 액추에이터(620)를 갖는 밸브(610)를 포함한다. 예시적인 배압 디바이스(670)는, 액추에이터 공급 라인(629)으로의 순방향 또는 공급 유동을 허용하지만 액추에이터 공급 라인으로부터의 역방향 유동에 대해 밀봉하는 공급 통로(671)(예를 들어, 제1 체크 밸브(672)를 사용하여), 및 공급 통로(671)와 평행하고, 작동 밸브(610)가 정상(예를 들어, 편향된 폐쇄) 위치로 복귀될 때 액추에이터 공급 라인(629)으로부터의 역방향/배출 유동을 허용하는 한편, 액추에이터 공급 라인에서 스프링 편향된 액추에이터 피스톤(623)에 대해 공칭의 비작동 배압(예를 들어, 5 내지 10 psi)을 보유하는 배출 통로(673)(예를 들어, 제2 체크 밸브(674)를 사용하여)를 포함한다. 이러한 장치에서, 파일럿 밸브(640)가 폐쇄/통기 위치에 있는 동안, 액추에이터 피스톤(623)을 통한 액추에이터 유체의 누출은 압력 트랜스듀서(635)에 의해 배압 디바이스(670)의 압력 설정 아래로의 측정된 압력 감소에 의해 검출될 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 파일럿 밸브(640), 압력 트랜스듀서(635), 및 배압 디바이스(670) 중 임의의 2개 이상은 예를 들어 설치의 용이성, 시스템 풋 프린트의 감소 등을 위해 통합 조립체(605)로서 함께 제공될 수 있다. 예를 들어, 사이클 카운터, 유량계, 프로세서/제어기 및/또는 출력 디스플레이(예를 들어, LED, LCD)를 포함하는 다른 시스템 관리 및/또는 모니터링 구성 요소가 통합 조립체에 또한 제공될 수 있다.
- [0049] 도 11의 장치는 도 6의 실시형태와 관련하여 도시되고 전술한 바와 같이 액추에이터(420)의 가압 및 감압 동안 작동 압력 프로파일에서 변곡점을 식별하는 것에 의해 밸브 액추에이터의 동작의 타이밍, 지속 기간 및 압력 상태의 표시를 추가적으로 제공할 수 있다.
- [0050] 일부 작동 밸브 시스템에서, 본 명세서에 기술된 바와 같은 배압 디바이스는 추가 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 배압 디바이스는 추가적으로 또는 대안적으로 액추에이터 복귀 행정 동안 액추에이터 입구 포트에 대해 비작동 정압을 보유하여, 감쇠력을 인가하고, 그러므로 정상적인 스프링 복귀 상태에서 액추에이터 출력 힘(actuator output force)을 감소시킬 수 있다. 이러한 감소된 복귀력은 예를 들어 상시 폐쇄 작동 밸브에서 밸브 시트 마모를 감소시킬 수 있다. 이러한 장치에 대해, 배압 설정은 전술한 5 내지 10 psi 공칭 설정보다 클 수 있고, 복귀력을 원하는 양으로 감소시키도록 선택될 수 있다. 그러나, 이러한 장치는 밸브 작동 동안 또는 후에 압력 변화의 감지를 용이하게 하도록 액추에이터 공급 라인에서 가압된 유체를 보유하는 것에 의해 전술한 센서 시스템 및 방법과 조합하여 여전히 사용될 수 있다. 액추에이터 복귀력을 감소시키기 위한 예시적인 배압 장치는 그 전체 개시내용이 참조에 의해 본 명세서에 통합되는, "감소된 액추에이터 복귀력을 갖는 작동 밸브 시스템"이라는 명칭으로 동시 출원된 미국 가출원에 기술되어 있다.
- [0051] 본 개시내용의 다른 양태에 따르면, 작동 밸브 시스템에는 액추에이터 공급 라인에서의 압력을 모니터링하면서 밸브 액추에이터로의 작동 유체 공급 및 이로부터의 배출을 제어하도록 구성된 밸브 제어 모듈이 제공될 수 있다. 이러한 예시적인 장치에서, 도 12에 개략적으로 도시된 바와 같이, 작동 밸브 시스템(700)은 공압식 액추에이터(720)를 갖는 밸브(710), 및 액추에이터(720)의 액추에이터 입구 포트(721)와 연결된 작동 포트(741), 액추에이터 유체 소스(750)와 연결된 가압 포트(742), 및 가압된 작동 유체를 통기하기 위한 배출 포트(743)를 갖는 밸브 제어 모듈(740)을 포함한다. 밸브 제어 모듈(740)은 작동 포트(741)를 가압 포트(742) 및 배출 포트(743)와 연결하는 파일럿 밸브 장치(745), 파일럿 밸브 장치(745)와 액추에이터 입구 포트(721) 사이의 유체 상태(예를 들어, 압력)를 측정하는 유체 센서(748), 및 제1, 제2 및 제3 상태에 대한 파일럿 밸브 장치의 동작을 위해 센서(748) 및 파일럿 밸브 장치(745)와 회로 통신하는 제어기(749)를 포함한다.
- [0052] 예시적인 파일럿 밸브 장치(745)는 제어기(749)의 동작에 의해 제1, 제2 및 제3 상태 사이에서 동작 가능하다. 제1 상태에서, 파일럿 밸브 장치(745)는 가압 포트(742)와 작동 포트(741) 사이의 유동을 허용하고, 작동 포트와 배출 포트(743) 사이의 유동을 차단하여 예를 들어 액추에이터(720)의 동작 및 작동 위치(예를 들어,

개방된)로의 밸브 요소(715)의 이동을 위해 액추에이터 입구 포트(721)를 가압한다. 제2 상태에서, 파일럿 밸브 장치(745)는 가압 포트(742)와 작동 포트(741) 사이의 유동을 차단하고, 작동 포트와 배출 포트(743) 사이의 유동을 허용하여 액추에이터 입구 포트(721)를 통기한다. 액추에이터(720)가 단일 작용(예를 들어, 스프링 편향된) 액추에이터인 경우에, 가압된 액추에이터 입구 포트(721)의 이러한 통기는 액추에이터가 밸브 요소(715)를 복귀(예를 들어, 폐쇄된) 위치로 이동시키는 것을 가능하게 한다. 제3 상태에서, 파일럿 밸브 장치(745)는 가압 포트(742)와 작동 포트(741) 사이의 유동을 차단하고 작동 포트와 배출 포트(743) 사이의 유동을 차단하여, 액추에이터 입구 포트(721)에서 가압된 유체를 포획한다.

[0053] 전술한 제1, 제2 및 제3 상태를 제공하도록 많은 상이한 파일럿 밸브 장치가 이용될 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 도 12a에 도시된 바와 같이, 파일럿 밸브 장치(745a)는 가압 포트(742)를 작동 포트(741)와 연결하는 제1 차단 밸브(746a), 및 배출 포트(743)를 작동 포트(741)와 연결하는 제2 차단 밸브(748a)를 포함한다. 제1 상태에서, 액추에이터 입구 포트(721)를 가압하기 위해, 제1 차단 밸브(746a)는 개방되고 제2 차단 밸브(748a)는 폐쇄된다. 제2 상태에서, 제1 및 제2 차단 밸브(746a, 748a)는 파일럿 밸브 장치(745a)와 액추에이터 입구 포트(721) 사이에서 가압된 유체를 포획하기 위해 폐쇄된다. 제3 상태에서, 액추에이터 입구 포트(721)를 통기하기 위해, 제1 차단 밸브(746a)는 폐쇄되고 제2 차단 밸브(748a)는 개방된다. 하나의 이러한 실시형태에서, 제1 차단 밸브(746a)는 상시 폐쇄 솔레노이드 밸브이고 제2 차단 밸브(748a)는 상시 개방 솔레노이드 밸브이어서, 전력의 손실시에, 제1 차단 밸브는 폐쇄 위치로 복귀하고 제2 차단 밸브는 개방 위치로 복귀하여, 상시 폐쇄 액추에이터(720)가 밸브 요소(715)를 폐쇄 위치로 복귀시키는 것을 가능하게 한다.

[0054] 다른 예시적인 실시형태에서, 도 12b에 도시된 바와 같이, 파일럿 밸브 장치(745b)는, 가압 포트(742b)를 작동 포트(741b)로 개방하고 배출 포트(743b)로의 유동을 차단하는, 제1 상태에 대응하는 제1 스위칭 위치, 작동 포트(741b)와 가압 및 배출 포트(742b, 743b) 사이의 유동을 차단하는, 제2 상태에 대응하는 차단 위치, 및 작동 포트(741b)를 배출 포트(743b)로 개방하고 가압 포트(742b)로부터의 유동을 차단하는, 제3 상태에 대응하는 제2 스위칭 위치를 갖는 3-위치 3-방향 스위칭 밸브(747b)를 포함한다. 하나의 이러한 실시형태에서, 스위칭 밸브(747b)는 제2 스위칭 위치(도 12b에 도시된 위치)에 대해 실패하도록 구성되어서, 전력의 손실시에, 상시 폐쇄 액추에이터(720)는 밸브 요소(715)를 폐쇄 상태로 복귀시킨다.

[0055] 본 개시내용의 양태에 따르면, 센서(748)가 이러한 압력 조정을 제어하기 위해 실시간으로 압력을 모니터링하는 것에 의해, 파일럿 밸브 장치(745)는 액추에이터 입구 압력을 (제1 상태를 사용하여) 증가, (제2 상태를 사용하여) 감소 및/또는 (제3 상태를 사용하여) 유지하도록 제1, 제2 및 제3 상태 사이에서 선택적으로 동작될 수 있다. 예시적인 적용에서, 압력 센서(748)가 액추에이터 입구 압력의 추가 조정을 위해 파일럿 밸브(들)를 추가로 펄스화하기 위해 제어기(749)에 의해 사용되는 즉각적인 피드백을 제공하는 것에 의해, 파일럿 밸브(들)는 액추에이터 입구 압력을 증가 또는 감소시키기 위해 신속하게 작동되거나 펄스화될 수 있다. 하나의 이러한 예시적인 실시형태에서, 파일럿 밸브 장치(745a, 745b)가 제3(압력 유지) 상태에서 유지되고, 압력 센서(748)가 펄스 사이의 액추에이터 입구 압력을 모니터링하는 상태에서, 파일럿 밸브 장치(745a, 745b)는, 대략 200ms 내지 대략 10,000ms의 사이클 시간에, 작동 사이클을 시작하기 위하여 대략 2ms 내지 대략 10ms의 충전(fill) 또는 가압 펄스 지속 기간, 및 대략 3ms 내지 대략 10ms의 배출 펄스 지속 기간을 제공하도록 구성된다. 포획된 압력이 조정되는 속도를 증가 또는 감소시키기 위해 (예를 들어, 압력 센서(748)로부터) 제어기(749)로의 피드백에 기초하여, 제어기는 제1(가압) 및 제2(배출) 상태의 펄스 지속 기간 및 펄스 주파수를 조정할 수 있다.

[0056] 예시적인 적용에서, 밸브 작동 모듈(740)이 위에서 보다 상세하게 기술된 도 10 및 도 11의 실시형태와 유사한 배압 디바이스로서 기능하도록, 비작동 정압이 포착될 수 있다. 이러한 비작동 정압은, 예를 들어, 위에서 상세히 설명된 바와 같이, 액추에이터를 통한 누출을 검출 및/또는 정량화하기 위해 포획된 압력을 모니터링하기 위해 제공될 수 있다.

[0057] 다른 예로서, 비작동 정압은 예를 들어 밸브의 폐쇄 작동 동안 밸브 시트의 변형 및/또는 마모(및 결과적인 입자 발생)를 최소화하기 위해 스프링 복귀 상태에서 액추에이터 출력 힘을 감소시키도록 액추에이터 입구 포트에 대해 감쇠력을 인가하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 감소된 폐쇄력은 반복적인 작동으로 인한 밀봉구 손상을 최소화하는 것에 의해 밸브의 사이클 성능을 효과적으로 연장시킬 수 있다. 차단(예를 들어, 비사이클링) 상태 동안 빈번한 사이클링과 높은 무결성 밀봉을 모두 요구하는 적용에서, 감쇠되는 액추에이터 입구 압력은 필요에 따라 증가된 액추에이터 폐쇄력을 제공하기 위해 선택적으로 또는 자동으로 제거되거나 배출될 수 있다.

[0058] 또 다른 예로서, 비작동 액추에이터 입구 포트 정압이 대기압으로부터 액추에이터 입구 포트 압력을 증가시키는 것과 비교하여 작동 압력으로 보다 신속하게 증가될 수 있음에 따라서, 비작동 정압은 추가적으로 또는 대안적

으로 밸브의 보다 신속한 순방향 행정 작동을 촉진하도록 사용될 수 있다.

[0059] 추가적으로 또는 대안적으로, 파일럿 밸브 장치와 액추에이터 입구 포트 사이에서 포획된 작동 압력(즉, 밸브를 적어도 부분적으로 작동시키는데 충분한 압력)의 제어 및/또는 모니터링은 다양한 적용에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 포획된 액추에이터 입구 포트 압력의 센서 모니터링은 위에서 보다 상세하게 기술된 바와 같이 밸브 작동의 타이밍 및/또는 지속 기간, 또는 밸브가 작동하는 압력을 식별하는데 사용될 수 있다. 시간 경과에 따른 액추에이터 입구 압력 프로파일의 이러한 모니터링은 요구된 작동력에서의 (예를 들어, 로터리 밸브 또는 축 방향 운동 벨로우즈 또는 다이어프램 밸브 요소의 동작 토크에서의 변화에 대응하는) 증가 또는 감소, 액추에이터 누출, 액추에이터 고착 또는 다른 상태와 같은 잠재적인 문제를 식별할 수 있다. 제어기(749)는 허용 가능한 범위 내에 있는 편차를 보상하도록(예를 들어, 포획된 액추에이터 입구 포트 압력을 증가 또는 감소시키는 것에 의해) 및/또는 밸브 시스템 유지 보수가 필요하다는 것을 나타낼 때 측정된 액추에이터 입구 압력 프로파일이 경고를 제공하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0060] 다른 예로서, 포획된 액추에이터 입구 압력은, 액추에이터 유체 소스(750)의 전체 유체 압력보다 작지만 여전히 밸브를 적어도 부분적으로 작동시키는데 충분한 원하는 액추에이터 입구 압력을 액추에이터에 인가하도록 제어될 수 있다. 이러한 감소된 작동 압력은 예를 들어 상시 폐쇄 밸브의 유동 서지에 민감한 적용에서의 제어된 개방을 위해 또는 상시 개방 밸브에서의 밸브 폐쇄력을 감소시키도록 밸브의 보다 느린 작동(즉, "소프트 스타트(soft start)")을 제공할 수 있다. 다른 예로서, 감소된 액추에이터 입구 포트 압력이 완전히 가압된 액추에이터 입구 포트보다 더 빨리 배출됨(그리고 스프링력에 의해 더 빨리 극복됨)에 따라서, 감소된 작동 압력은 밸브의 더욱 빠른 복귀 행정 작동을 제공할 수 있다. 여전히 다른 예로서, 액추에이터 입구 압력은 액추에이터의 불완전하거나 또는 부분적인 작동을 제공하기 위해, 예를 들어 밸브를 통한 유동을 제한 또는 조절하기 위해 정확하게 제어될 수 있다.

[0061] 본 개시내용의 다른 양태에 따르면, 액추에이터는 포획된 작동 압력에 의해 작동 밸브 시스템의 모니터링 및 제어를 용이하게 하는데 적합할 수 있다. 하나의 예로서, 액추에이터(720)에는 압력 감지 및 피드백 및 제어기 분석 및 펄스 사이의 작동 조정을 위해 더욱 많은 시간을 허용하도록 신속한 순방향 행정 및/또는 복귀 행정 작동, 및/또는 감소된 가압 및/또는 감압/배출 시간(예를 들어, 감소된 펄스 지속 기간)을 용이하게 하기 위해 액추에이터의 가압 및/또는 감압/배출 동안 유량을 증가시키기 위해 고유동 용량형 액추에이터 포팅(high flow capacity actuator porting)이 제공될 수 있다.

[0062] 다른 예로서, 하나 이상의 부분 유동 위치가 하나 이상의 사전 결정 인가된 액추에이터 입구 압력에 더욱 예측 가능하게 대응할 수 있도록, 스프링 복귀 액추에이터(720)에는 증가된 스프링력을 갖는(예를 들어, 강성 스프링(722) 및/또는 추가 스프링을 병렬 및/또는 직렬로 제공하는 것에 의해) 편향 스프링 장치가 제공될 수 있다. 하나의 예로서, 스프링 복귀 액추에이터(720)에는 폐쇄 위치에서 스프링력의 3배 미만의 종래의 밸브 액추에이터 스프링력과 비교하여, 폐쇄 위치에서 스프링력(예를 들어, lbs)의 약 5배보다 큰 스프링력(예를 들어, lbs/in)이 제공될 수 있다. 이러한 증가된 스프링력은 밸브의 정상 위치와 작동된(예를 들어, 개방된) 위치 사이의 하나 이상의 증분적 위치로 액추에이터 피스톤(722) 및 밸브 요소(715)를 이동시키는데 필요한 액추에이터 압력에서의 상당하고 측정 가능하고 예측 가능한 차이를 제공할 수 있다. 액추에이터를 폐쇄한 편향 스프링을 갖는 예시적인 실시형태에서, 스프링력은 액추에이터 피스톤 및 밸브 요소를 폐쇄 위치로부터 개방 위치로 이동시키는데 필요한 액추에이터 압력이 폐쇄 위치로부터 액추에이터 행정을 시작하는데 필요한 액추에이터 압력("기본 작동 압력")보다 적어도 50% 더 크도록 하는 것이다. 따라서, X(예를 들어, 50 psi)의 기본 작동 압력으로, 완전 폐쇄 위치와 완전 개방 밸브 위치 사이의 증분적 작동 위치는 X(50 psi)와 적어도 1.5X(75 psi) 사이의 작동 압력 범위에서 교정될 수 있다. 하나의 이러한 예에서, 정상(폐쇄) 위치와 작동(개방) 위치 사이에서 밸브 요소의 중간 위치로 액추에이터 부재 및 밸브 요소를 이동시키는데 필요한 액추에이터 압력은 정상 위치로부터 액추에이터 행정을 시작하는데 필요한 액추에이터 압력보다 적어도 약 30% 더 크다(예를 들어, 위의 예에서 적어도 약 65 psi). 증가된 스프링력을 갖는 편향 스프링 장치를 이용하는 실시형태에서, 비작동 배압(본 명세서에 설명된 바와 같은)은 편향 스프링 장치가 밸브 시트에 과도한 폐쇄력을 인가하는 것을 방지하기 위해 복귀 행정 동안 액추에이터에 인가되어 복귀 행정을 감쇠시킬 수 있다.

[0063] 본 개시내용의 예시적인 양태에 따르면, 작동 밸브 시스템(700)은 밸브 제어 모듈(740) 내의 단일 압력 센서(748)를 사용하여 모니터링되고 제어될 수 있다. 제어기(749)는 다수의 공지된 시스템 파라미터(예를 들어, 액추에이터 행정, 액추에이터 체적 변위, 유체 압력, 유체 온도, 스프링력)로 프로그래밍될 수 있어서, 이러한 프로그래밍된 시스템 정보와 결합된 제어기(749)로의 압력 센서(748) 피드백은 작동 압력, 작동 속도, 폐쇄력, 및 다른 이러한 동작 상태를 계산하고, 원하는 유동 제어 성능을 달성하기 위해 파일럿 밸브 장치(745)의 펄스화

또는 다른 이러한 이러한 동작을 적절히 조정하도록 사용될 수 있다.

[0064] 다른 실시형태에서, 추가적인 시스템 센서는 유동 제어 및 시스템 성능에 대한 원하는 조정을 추가로 용이하게 하기 위해 하나 이상의 시스템 파라미터에 관한 데이터를 제어기에 제공할 수 있다. 예를 들어, 유체 온도 센서는 높은 유체 온도 상태를 식별하기 위해 제어기(749)에 피드백을 제공할 수 있고, 제어기는 밸브 폐쇄력을 감소시키기 위하여 (예를 들어, 위에서 설명된 바와 같이 액추에이터 복귀 행정에 대한 배압을 증가시킴으로써) 밸브의 동작을 조정할 수 있다. 이러한 장치는 작동 밸브 시스템이 더욱 큰 온도 범위에 걸쳐서 사용되는 것을 가능하게 할 수 있다. 다른 예로서, 유체 압력 센서 또는 유량계는 유체 유동 상태에 관한 피드백을 제어기(749)에 제공할 수 있고, 따라서 제어기는 유체 유동을 증가 또는 감소시키기 위하여 (예를 들어, 밸브의 부분 개방 상태를 조정함으로써, 밸브가 개방되는 기간을 조정함으로써) 밸브의 작동을 조정할 수 있다.

[0065] 제어기(749)는 밸브 제어 모듈(740)에 근접하거나 이로부터 원격 위치에 있는 시스템 제어기(760)(예를 들어, 컴퓨터)와 연결될 수 있다(예를 들어, 유선 또는 무선 연결에 의해). 시스템 제어기(760)는 정상 동작 상태를 검증하거나 또는 비순응 상태를 식별하여 이러한 상태를 사용자에게 경고하는 통신(예를 들어, 전자 메일, 문자 메시지 등)을 생성하도록 유체 유동 상태에서의 측정된 변화를 분석하기 위한 회로(예를 들어, 마이크로 프로세서)를 포함할 수 있다.

[0066] 액추에이터 입구 압력이 작동 밸브의 폐쇄력을 제한하도록 제어되는 장치에 더하여, 본 출원은 또한 예를 들어 밸브 요소(예를 들어, 다이어프램, 포켓)와 밸브 시트 밀봉구 사이의 폐쇄력을 감소시키기 위해 작동 밸브 조립체에 대한 감소된 힘 복귀 행정을 제공하기 위한 다른 시스템 및 방법을 고려한다. 본 출원에서의 예시적인 실시형태가 선형 작동 밸브(예를 들어, 다이어프램 밸브)와 조립된 스프링 편향 공압식 액추에이터에 관한 것이지만, 본 출원에서 설명된 특징 및 양태는 추가적으로 또는 대안적으로 다른 유형의 액추에이터(예를 들어, 유압 또는 다른 유체 구동식 액추에이터, 비스프링 편향된 액추에이터, 복동식 액추에이터), 다른 유형의 밸브(예를 들어, 로터리 밸브, 게이트 밸브 등), 및 다른 유형의 가압된 유체 적용에 적용될 수 있다.

[0067] 도 13은 액추에이터 공급 라인(829) 및 파일럿 밸브(840)(예를 들어, 솔레노이드 동작 스위칭 밸브) 또는 다른 공급 밸브에 의해 액추에이터 유체 소스(850)에 연결된 액추에이터 포트(821)를 갖는 유체 동작식(예를 들어, 공압식) 액추에이터(820)와 작동적으로 연결된 유체 유량 제어 밸브 요소(815)(예를 들어, 밸브 스템, 다이어프램)를 갖는 밸브(810)를 포함하는 작동 밸브 시스템(800)을 개략적으로 도시한다. 다른 실시형태에서, 파일럿 밸브는 별도의 공급 라인의 사용없이 액추에이터 포트에 직접 조립될 수 있다. 밸브 요소(815)를 이동시키기 위해, 파일럿 밸브(840)는 액추에이터 유체 소스(850)를 액추에이터 포트(821)로 개방하기 위해 제1 스위칭 위치로 이동된다. 이것은 액추에이터 공급 라인을 통한 유체 유동 및 액추에이터 포트(821)에서, 그리고 액추에이터 내의 유체 구동식 액추에이터 부재(823)(예를 들어, 하나 이상의 피스톤)에 대해 압력에서의 증가를 초래한다. 최소 작동 압력이 액추에이터 포트에 공급될 때, 액추에이터 부재(823) 상의 결과적인 작동력은 제1 정상 또는 복귀 위치로부터 제2 작동 위치로 액추에이터 부재(823)를 이동시키도록 액추에이터 내의 편향 부재(822)(예를 들어, 하나 이상의 스프링)에 의해 인가되는 편향력 및 밸브 요소(815)의 작동에 대한 저항(예를 들어, 마찰, 밸브 패킹 부하, 밸브 유체 압력 등)을 극복한다. 액추에이터 부재(823)는 정상 위치(예를 들어, 밸브 폐쇄 또는 차단 위치)로부터 작동 위치(예를 들어, 밸브 개방 또는 유체 유동 위치)로 밸브 요소를 상응하게 이동시키기 위해 밸브 요소(815)와 직접 또는 간접적으로 연결된다.

[0068] 밸브 요소(815)를 정상 위치로 복귀시키기 위해, 파일럿 밸브(840)는 액추에이터 공급 라인(829)에서, 그리고 액추에이터 부재(823)의 상류에서 가압된 액추에이터 유체를 통기 또는 배출하기 위해 제2 스위칭 위치로 이동된다. 편향 부재(822)에 의해 액추에이터 부재(823)에 인가되는 편향력은 통기중인 액추에이터 유체에 대해, 그리고 밸브 요소(815)에 의한 작동에 대한 임의의 저항에 대해 액추에이터 부재(823)를 정상 또는 복귀 위치로 이동시키고, 이에 의해 밸브 요소(815)를 대응하는 정상 위치로 이동시킨다.

[0069] 본 출원의 예시적인 양태에 따르면, 액추에이터(820)에 의해 인가되는 복귀 행정력을 감소시키기 위해, 작동 밸브 시스템(800)에는, 파일럿 밸브(840)가 제2 위치로 이동될 때 액추에이터 부재(823)에 대해 비작동 정압(즉, 최소 작동 압력보다 작은)을 보유하기 위해 액추에이터 입구 포트(821)와 유체 연통하는 배압 장치(870)(예를 들어, 스프링 부하 또는 달리 편향된 체크 밸브, 또는 릴리프 밸브)가 제공될 수 있다. 비작동 정압은 액추에이터 부재(823)에 대해 감쇠력을 인가하고 편향 부재의 편향력에 대응하여, 편향력보다 작지만 여전히 작동 위치로부터 정상 위치로 밸브 요소(815)를 복귀시키는데 충분한 순수 복귀력을 생성한다. 비작동 정압 및 대응하는 순수 복귀력은 예를 들어 특정 적용을 위해 원하는 작동 속도 및 폐쇄력을 제공하도록 선택될 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 비작동 정압은 최소 작동 압력의 약 10% 내지 90%, 또는 약 40% 내지 60%, 또는 약 50%일 수

있고, 순수 복귀력은 스프링 편향력의 약 10% 내지 90%, 약 40% 내지 60%, 또는 약 50%일 수 있다. 액추에이터 부재에 대해 기본적인 비작동 정압을 유지하는 이러한 장치는 액추에이터 공급 라인, 액추에이터 입구, 및 액추에이터 피스톤 챔버에서의 압력이 완전히 통기된 대기압보다는 오히려 비작동 정압으로부터 가압될 것임에 따라서 밸브 액추에이터의 보다 빠른 가압 작동을 추가로 제공할 수 있다.

[0070] 도 13의 도시된 실시형태에서, 배압 장치는 파일럿 밸브 배출 포트(843)와 조립된 배압 디바이스(870)를 포함한다. 도 14에 도시된 바와 같은 예시적인 배압 디바이스(870)는 체크 밸브 또는 릴리프 밸브형 장치를 포함하고, 제1 포트(872)로부터 제2 포트(874)까지 연장되는 통로(873)를 갖는 바디(871), 및 통로에 배치된 시트(875)를 구비한다. 밀봉 부재(876)(예를 들어, 볼 또는 플러그)는 통로(873)에 배치되고, 시트(875)와 밀봉 결합되도록(예를 들어, 스프링(877)에 의해) 편향된다. 밀봉 부재는 설정 압력보다 큰 임의의 과잉 압력을 제2 포트(874)를 통해 방출하도록 설정된 입구 포트 압력(또는 "크래킹 압력(cracking pressure)")에서 시트로부터 분리되고, 이에 의해 액추에이터 입구 포트에서 배압 디바이스(870)의 상류에서 원하는 비작동 정압을 유지한다.

[0071] 다른 실시형태에서, 배압 장치는, 예를 들어 파일럿 밸브 공급 포트(842)와 조립(도 13에서 (870a)로 개략적으로 도시됨)되고, 액추에이터 공급 라인(829)에 설치((870b)로 개략적으로 도시됨)되고, 밸브 액추에이터 입구 포트(821)와 조립((870c)로 개략적으로 도시됨)되고, 밸브 액추에이터(820)와 통합되고((870d)로 개략적으로 도시됨), 파일럿 밸브(840)((870e)로 개략적으로 도시됨)와 통합된 것을 포함하여 작동 밸브 시스템(800)의 다양한 다른 위치에 제공될 수 있다.

[0072] 일부 장치에서, (870a, 870b, 870c 및 870d)로 도시된 바와 같이, 배압 장치는 가압된 액추에이터 유체(액추에이터 가압 동안) 및 통기된 액추에이터 유체(액추에이터 감압 동안)를 모두 수용한다. 이러한 장치에서, 도 15에 도시된 바와 같이, 배압 디바이스(870')는 액추에이터 공급 라인으로의 순방향 또는 공급 유동을 허용하지만 액추에이터 공급 라인으로부터의 역방향 유동에 대해 밀봉하는 제1 공급 통로(883'), 및 전술한 바와 같이 액추에이터 공급 라인으로부터 역방향/배출 유동을 허용하는 한편 공칭의 비작동 배압을 유지하는, 공급 통로(883')와 평행한 제2 배출 통로(873')를 포함할 수 있다. 다수의 상이한 구성이 이용될 수 있지만, 하나의 실시형태에서, 배압 디바이스(870')는 공급 통로를 통한 역방향 유동을 차단하는 한편 공급 통로를 통해 순방향 가압 유동을 허용하도록, 공급 통로(883')에 배치되고 공급 시트(885')와의 밀봉 결합으로 편향된(예를 들어, 스프링(887')에 의해) 공급 밀봉 부재(886')(예를 들어, 볼 또는 플러그)를 갖는 공급 유동 체크/릴리프 밸브와 평행한, 도 14에 도시되고 상술된 바와 같이 배출 유동 체크/릴리프 밸브 장치를 포함할 수 있다.

[0073] 본 출원의 다른 예시적인 양태에 따르면, 액추에이터 입구에 대해 비작동 정압을 보유하기 위한 배압 장치에는 보유된 비작동 정압을 감소시키거나 또는 제거하기 위한 감압 메커니즘이 제공될 수 있어서, 액추에이터의 순수 복귀력이 증가한다. "상시 폐쇄" 작동 밸브 실시형태에서, 이러한 장치는 신속하거나 빈번한 밸브 사이클링 동안 더 부드럽고 가벼운 복귀 행정 밸브 차단을 허용하는 한편, 높은 무결성 밸브 차단이 필요할 수 있는 연장된 차단 기간(예를 들어 시스템 정지/유지 보수) 동안 증가된 밸브 밀봉력을 허용한다. 한 실시형태에서, 도 13에 개략적으로 도시된 바와 같이, 배압 장치는, 액추에이터 공급 라인(829)과 직접 또는 간접적으로 연결되고 액추에이터 공급 라인에서 보유된 압력을 방출하도록 선택적으로 동작 가능하고, 이에 의해 액추에이터의 순수 복귀력을 증가시키는 통기/퍼지 밸브(890)를 포함할 수 있다.

[0074] 다른 실시형태에서, 액추에이터가 밸브 사이클링 동안 표준 밸브 사이클 기간보다 긴 기간 동안 정상의 비작동 위치에서 유지될 때, 배압 장치는 액추에이터의 순수 복귀력이 자동으로 증가하도록 정압이 시간 경과에 따라서 빼내지거나 감소하는 것을 허용하도록 구성된 제어되거나 또는 공학적인 누출 경로를 포함할 수 있다. 예를 들어, 작동 밸브가 전형적으로 0.5 내지 10초마다 사이클링되는 경우에, 공학적 누출 경로는 약 30 내지 60초 내에 비작동 정압을 실질적으로 제거하기에 충분한 누출률을 제공할 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 공학적 누출 경로는 약 25 psi 내지 40 psi의 공압 압력 하에서 약 0.25 sccm 내지 2.5 sccm의 누출률을 제공하는 크기로 되고 구성될 수 있다.

[0075] 공학적 누출 경로는 예를 들어 파일럿 밸브, 액추에이터 공급 라인, 액추에이터 및 배압 디바이스 중 임의의 하나 이상을 포함하여 작동 밸브 시스템의 다양한 위치에 제공될 수 있다. 도 14의 예시적인 배압 디바이스(870)에서, 공학적 누출 경로는 예를 들어 하나 이상의 바디(871)(예를 들어, 통로(873)와 교차하는 (809a)의 핀홀 누출 포트), 시트(875)(예를 들어, (809b)의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부), 및 밀봉 부재(876)(예를 들어, (809c)의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부) 중 하나 이상에 제공될 수 있다. 도 15의 예시적인 배압 디바이스(870a)에서, 공학적 누출 경로는 예를 들어 하나 이상의 바디(871')(예를 들어, (809a')에서 배출 통로(873') 또는 (809b')에서 공급 통로(883')와 교차하는 핀홀 누출 포트), 배출 밸브 시트(875')(예를 들어,

(809c')의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부), 공급 밸브 시트(885')(예를 들어, (809d')의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부), 배출 밸브 밀봉 부재(876')(예를 들어, (809e')의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부), 및 공급 밸브 밀봉 부재(886')(예를 들어, (809f')의 그루브, 노치 또는 다른 이러한 특징부) 중 하나 이상에 제공될 수 있다.

[0076] 도 16은 배압 장치가 액추에이터 조립체(900)에 통합된 다른 예시적인 실시형태를 도시한다. 액추에이터 조립체(900)는 입구 포트(911), 및 제1 및 제2 힘 전달 피스톤(920, 940)을 수용하는 제1 및 제2 피스톤 챔버(912, 914)를 획정하는 하우징(910)을 포함한다. 제2 피스톤(940)은 액추에이터(900)가 조립되는 밸브(도시되지 않음)에 있는 밸브 요소에 출력 힘을 인가하기 위해 출력 샤프트(945)와 통합된다. 제1 피스톤 챔버(912)는 또한 제1 및 제2 피스톤(920, 940)을 아래로 강제하기 위해 제1 피스톤(920)과 결합되는 편향 스프링(950)을 포함한다. 액추에이터(900)를 동작시키기 위해, 입구 포트(911)에 인가된 가압된 액추에이터 유체(예를 들어, 공기)는 피스톤 챔버(912, 914)의 하부 부분을 가압하도록 제1 및 제2 피스톤(920, 940)에 있는 통로(923, 943)를 통과하여, 출력 샤프트(945)를 위로 이동시키기 위해 편향 스프링(950)에 대해 피스톤을 위로 강제한다.

[0077] 예시적인 실시형태에서, 배압 장치(970)는 제2 피스톤 통로(943)에 배치된 시트(975)와 밀봉 결합되도록 (스프링(977)에 의해) 편향된 밀봉 부재(976)를 포함하는 제2 피스톤(940)에 통합된다. 액추에이터 입구 포트(911)가 가압될 때, 가압된 유체는 밀봉 부재(976)를 스프링(977)을 대해 이동시켜, 유체가 제2 피스톤 챔버(914)의 하부 부분 내로 유동하여 하부 부분의 가압을 허용한다. 액추에이터(900)가 가압될 때, 시트(975)와의 밀봉 부재(976)의 밀봉 결합은 가압된 유체를 제2 피스톤 챔버(914)에서 보유하여, 제2 피스톤(940)에 대해 감쇠력을 인가하고 스프링(977)의 편향력에 대응한다. 전술한 바와 같이, 공학적 누출 경로가 예를 들어 액추에이터 하우징, 제2 피스톤(940), 시트(975), 및 밀봉 부재(976) 중 임의의 하나 이상에 제공될 수 있어서, 시간 경과에 따라, 제2 피스톤 챔버(914)에서의 유체 압력은 감소되거나 제거되며, 편향 스프링(977)의 전체 복귀력은 제2 피스톤(940)에 인가된다.

[0078] 본 출원의 다른 예시적인 양태에 따르면, 작동 밸브 시스템에는 밸브 액추에이터에 인가된 압력 및 결과적인 "순방향 행정" 액추에이터 출력 힘을 제한하도록, 예를 들어 "상시 개방" 밸브 액추에이터의 폐쇄력을 제한하도록(예를 들어, 밸브 시트 마모/손상을 제한하도록) 구성된 배압 장치가 제공될 수 있다. 이러한 장치에서, 배압 디바이스는 배압 디바이스의 선택된 밀봉 압력차에 의해 입구 또는 소스 압력보다 낮은 원하는 압력에서 입구 압력을 차단하도록 파일럿 밸브 입구 또는 공급 포트, 액추에이터 입구 포트, 또는 액추에이터 공급 라인과 조립될 수 있다. 다수의 적합한 배압 디바이스가 이용될 수 있지만, 하나의 실시형태에서, 도 14의 배압 디바이스(870)는 도 13의 실시형태에 대해 반대 배향으로 파일럿 밸브 입구 포트와 조립되어서, 액추에이터 입구 포트에서의 압력이 밀봉 부재(876)가 시트(875)에 대해 밀봉하는 정격 압력차에 의해 한정된 선택 압력에 도달하고, 이에 의해 액추에이터 부재에 대해 감소된 작동 압력을 유지할 때까지, 작동 밸브 시스템 압력 소스로부터 파일럿 밸브로의 전체 가압 유동을 체크/릴리프 밸브가 허용할 수 있다. 예를 들어, 80 psi의 소스 압력이 30 psi의 시트 압력차를 갖는 배압 디바이스를 포함하는 작동 밸브 시스템에 인가되면, 파일럿 밸브에 인가된 압력은 50 psi에서 중단되어, 액추에이터의 순방향 행정력 출력을 효과적으로 감소시킬 것이다.

[0079] 다른 실시형태에서, 도 15의 배압 디바이스(870')는 도 13의 실시형태에 대해 반대 배향으로 파일럿 밸브 공급 포트, 액추에이터 입구 포트, 또는 액추에이터 공급 라인과 조립될 수 있어서, 액추에이터 입구 포트에서의 압력이 밀봉 부재(876')가 시트(875')에 대해 밀봉되는 정격 압력차에 의해 한정된 선택 압력에 도달하고, 이에 의해 액추에이터 부재에 대해 감소된 작동 압력을 유지할 때까지, 제1 통로(883')의 체크 밸브 장치는 통기/배출 방향으로 전체 비제한적인 유동을 허용하는 반면, 제2 통로(873')의 체크 밸브 장치는 작동 밸브 시스템 압력 소스로부터 파일럿 밸브로의 전체 가압 유동을 허용한다.

[0080] 본 명세서에 설명된 작동 밸브 시스템에는 추가적으로 또는 대안적으로 다른 본 발명의 특징부 및 구성 요소가 제공될 수 있다. 하나의 예로서, 전술한 바와 같이, 액추에이터(820)에 대해 비작동 정압을 보유하기 위한 배압 디바이스(870)를 포함하는 작동 밸브 시스템(800)에는, 액추에이터 공급 라인(829)과 유체 연통하는 센서(예를 들어, 도 13에서 (835)로 개략적으로 도시된 유동 센서 또는 압력 센서)가 제공될 수 있으며, 센서(835)는 정상 위치와 작동 위치 사이의 액추에이터 부재의 이동, 및 액추에이터 부재를 통한 가압된 유체의 누출 중 적어도 하나에 대응하는 가압된 액추에이터 공급 라인에서의 유체 유동 상태를 측정하도록 구성된다. 센서(835)는 압력 트랜스듀서(835)에 근접하거나 이로부터 원격으로 있는 시스템 제어기(860)(예를 들어, 컴퓨터)와 (예를 들어, 유선 또는 무선 연결에 의해) 연결될 수 있고, 위에서 보다 상세히 설명된 도 1, 도 2, 도 6, 도 8 및 도 10 내지 도 12의 실시형태와 유사할 수 있다. 이러한 장치에서, 파일럿 밸브가 폐쇄/배출 위치에 있는 동안, 액추에이터 부재를 통한 액추에이터 유체의 누출은 센서(예를 들어, 압력 트랜스듀서)에 의해 배압 디바이스의 압력

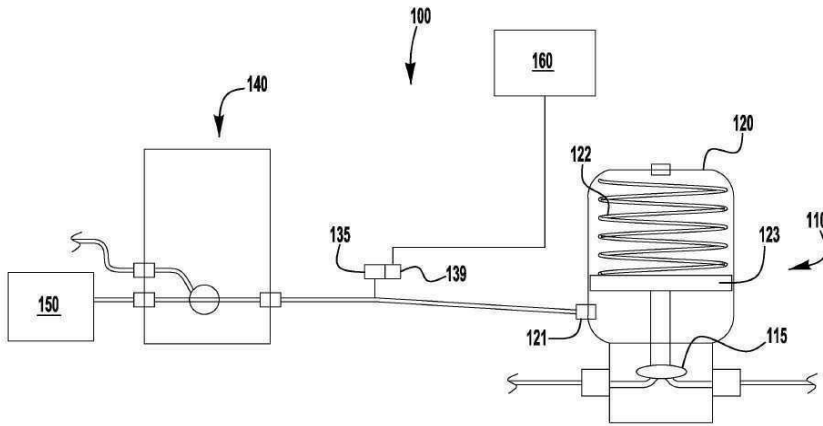
설정 아래로의 측정된 압력 감소에 의해 검출될 수 있다.

[0081]

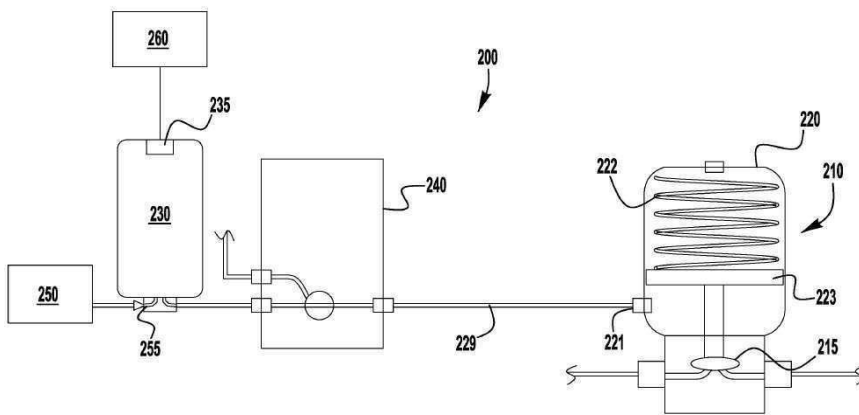
비록 본 발명이 특정 예시적인 실시형태와 관련하여 개시되고 설명되었지만, 특정 변형 및 변경이 본 명세서를 읽는 것으로 당업자에게 발생할 수 있다. 임의의 이러한 변형 및 변경은 첨부된 청구범위 및 그 등가물의 한정된 제한에도 불구하고 본 발명의 범위 내에 있다. 따라서, 본 출원인의 일반적인 발명 개념의 사상 또는 범위를 벗어나지 않으면서 이러한 세부 사항으로부터의 출발이 만들어질 수 있다.

도면

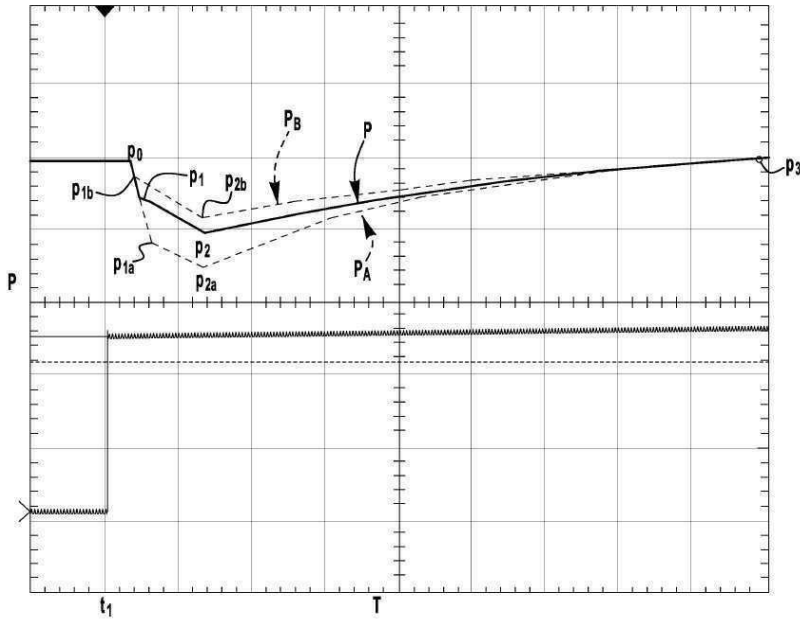
도면1



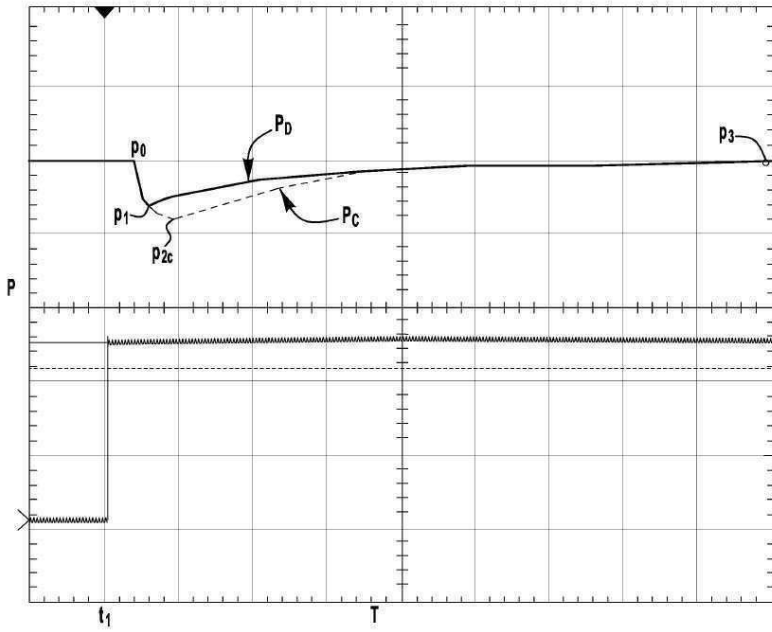
도면2



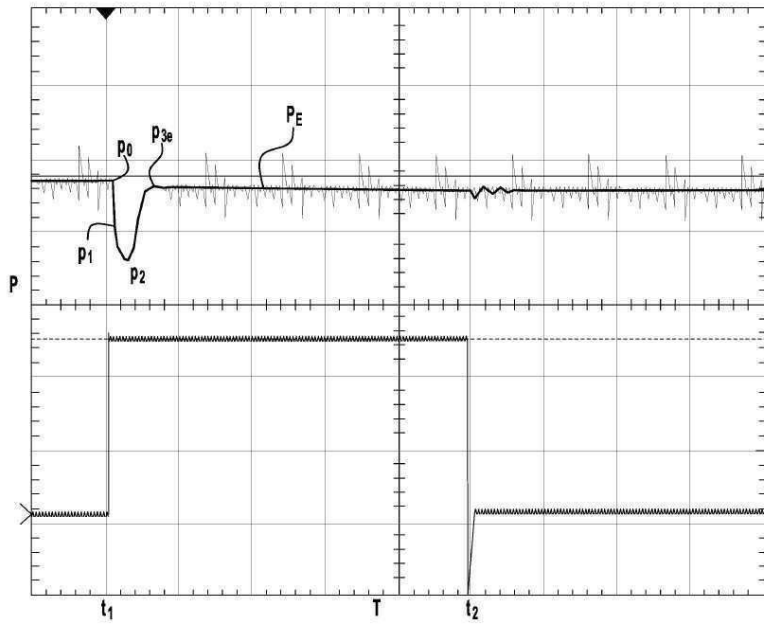
도면3



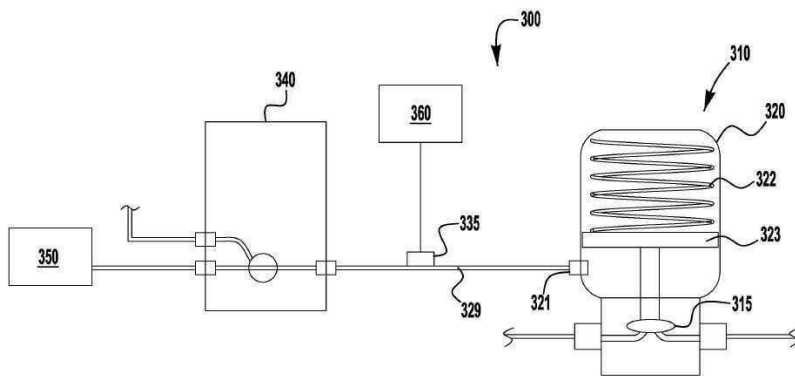
도면4



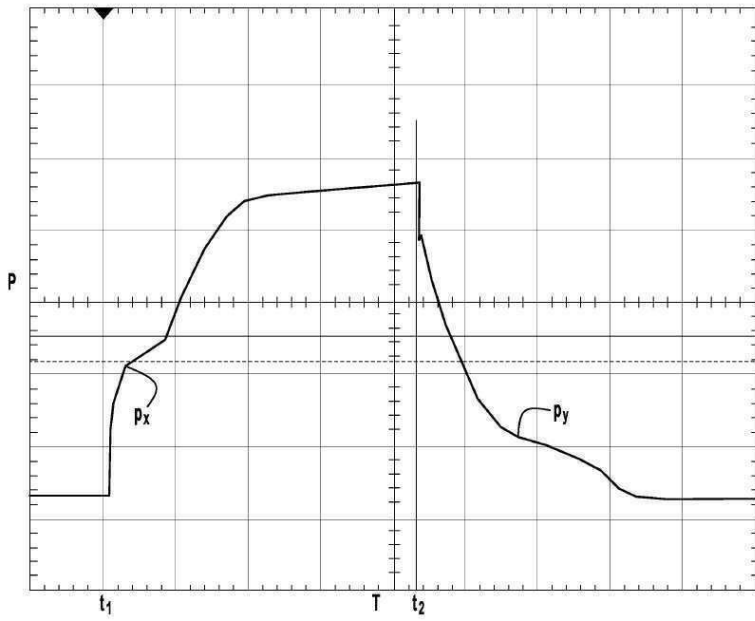
도면5



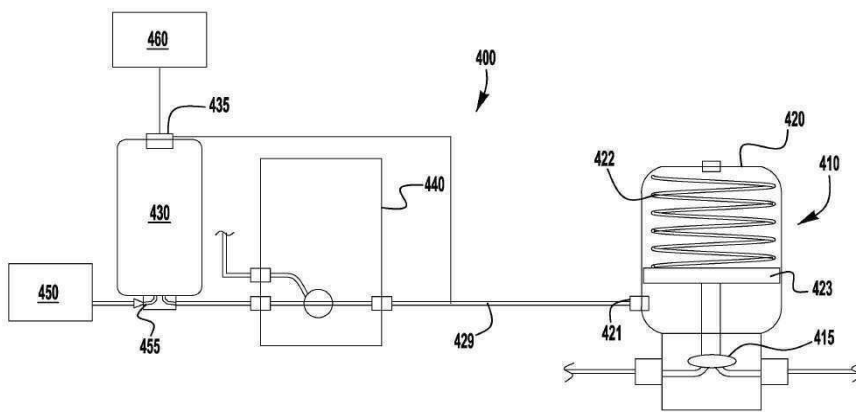
도면6



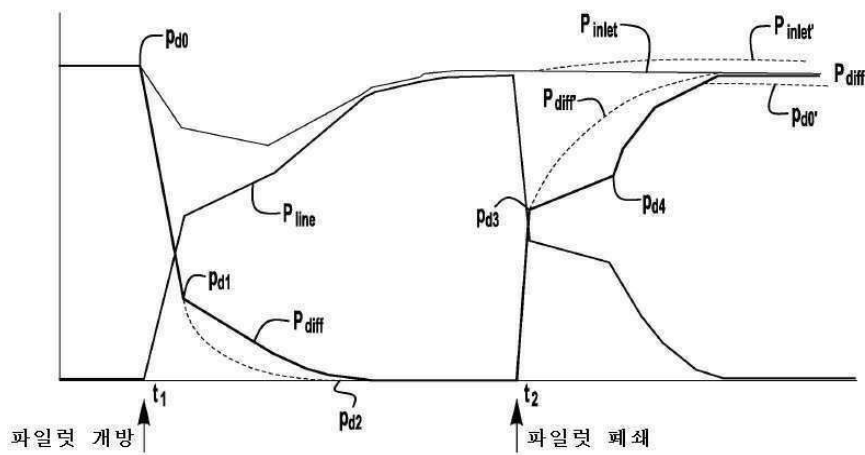
도면7



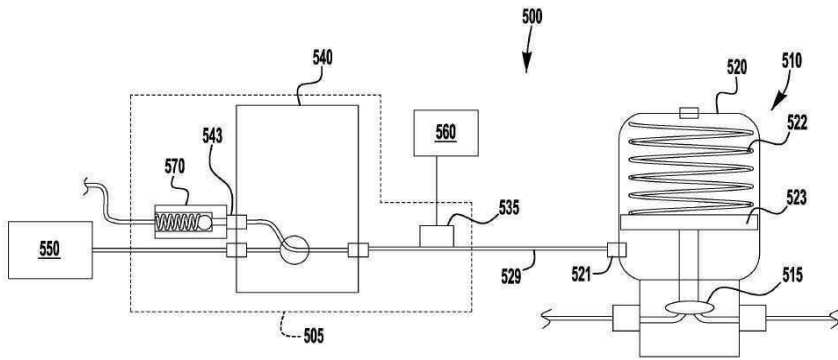
도면8



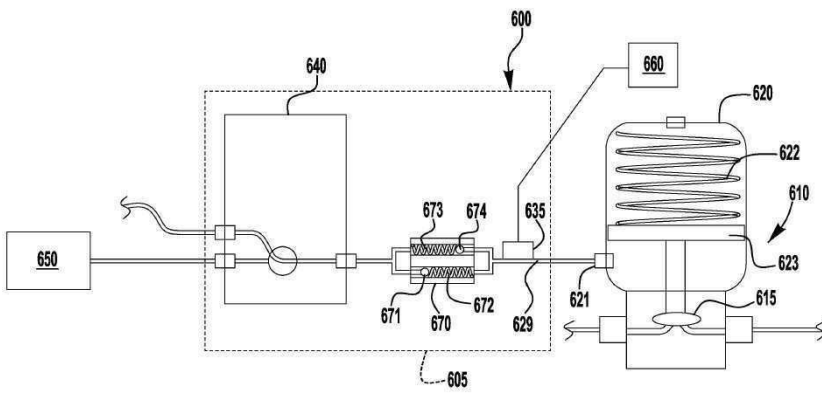
도면9



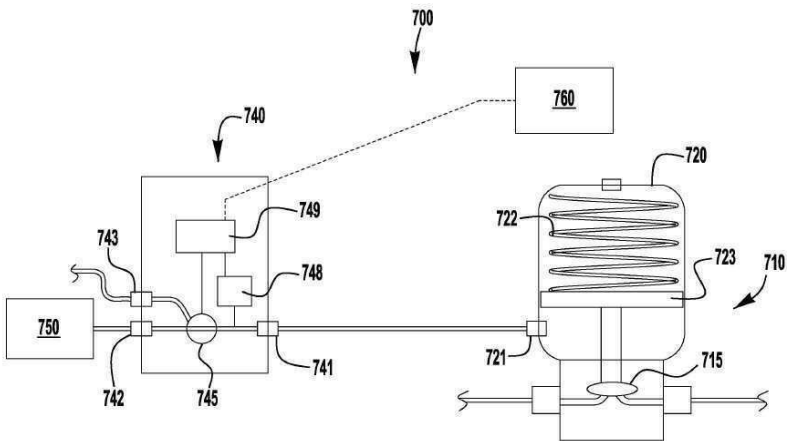
도면10



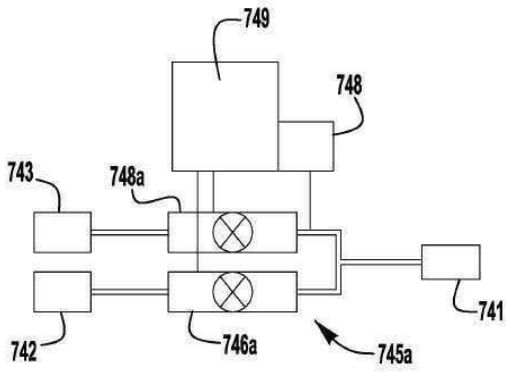
도면11



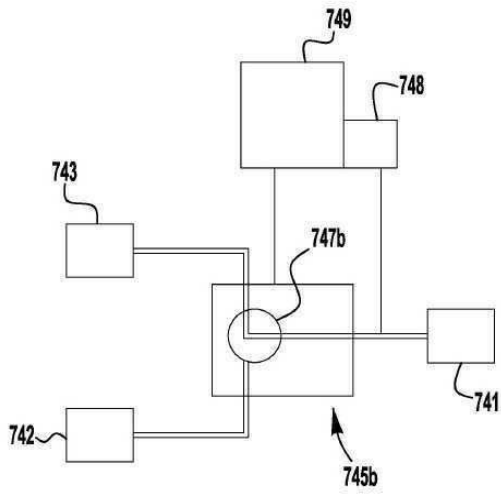
도면12



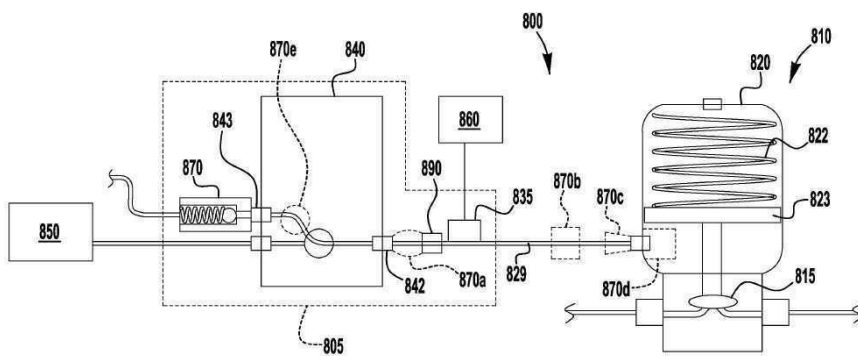
도면12a



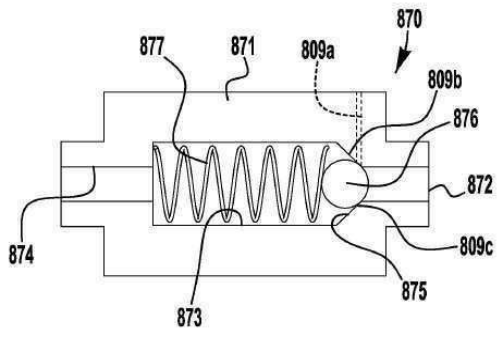
도면12b



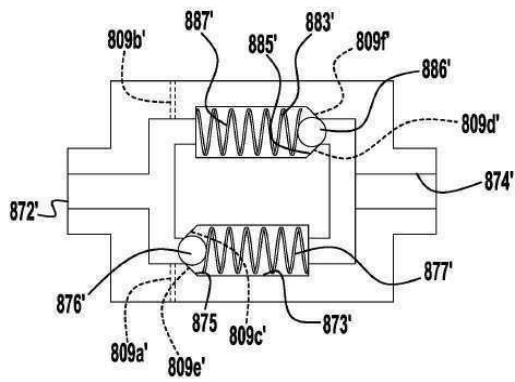
도면13



도면14



도면15



도면16

