



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월07일

(11) 등록번호 10-2260642

(24) 등록일자 2021년05월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B60G 17/016* (2006.01) *B60G 17/015* (2006.01)  
*F15B 13/044* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B60G 17/016* (2013.01)  
*B60G 17/0157* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7029064(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년03월15일  
 심사청구일자 2020년11월05일
- (85) 번역문제출일자 2020년10월08일
- (65) 공개번호 10-2020-0119905
- (43) 공개일자 2020년10월20일
- (62) 원출원 특허 10-2015-7029596  
 원출원일자(국제) 2014년03월15일  
 심사청구일자 2019년03월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/029937
- (87) 국제공개번호 WO 2014/145215  
 국제공개일자 2014년09월18일
- (30) 우선권주장  
 61/789,600 2013년03월15일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP2007253904 A  
 JP2008199860 A  
 JP2008289303 A  
 JP2012157209 A

- (73) 특허권자  
 클리어모션, 아이엔씨.  
 미국 매사추세츠 01821 빌러리카 미들섹스 턴파이크 805
- (72) 발명자  
 지오바나르디 마르코  
 미국 02176 매사추세츠주 멜로즈 포레스트 스트리트 132  
 터커 클리브  
 미국 02129 매사추세츠주 찰스타운 유닛 3 론우드 플레이스 6  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 양영준, 윤정호

전체 청구항 수 : 총 24 항

심사관 : 김수형

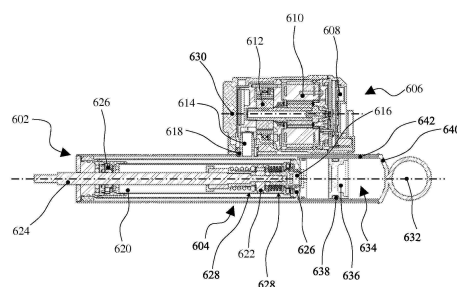
(54) 발명의 명칭 수요 공급식 에너지를 갖는 액티브 현가장치

### (57) 요약

유압 작동기 및 액티브 현가 시스템과 그 사용 방법에 관한 다양한 실시예가 설명되어 있다. 유압 작동기는 예로서 휠 및/또는 연계된 차체에 인가되는 다양한 부하에 응답하여 액티브 현가장치에 에너지를 적용하는 액티브 현가 시스템을 포함하는 운동 제어를 위해 장기간 사용되어 왔다. 원하는 성능 레벨을 달성하기 위해, 액티브

(뒷면에 계속)

대표도 - 도13



현가 시스템은 이미 존재하거나 적절한 시간에 제공될 수 있는 에너지를 가질 필요가 있다.

(52) CPC특허분류

**F15B 13/0444** (2013.01)  
**B60G 2202/413** (2013.01)  
**B60G 2204/11** (2013.01)

(72) 발명자

**웬델 로스 제이.**

미국 02155 매사추세츠주 메드포드 보우도인 스트리트 55

**앤더슨 재커리 엠.**

미국 02139 매사추세츠주 캠브리지 트레몬트 에스티. 19

**오'샤 콜린 패트릭**

미국 02139 매사추세츠주 캠브리지 제이 스트리트 49

**고어릭 블라디미르**

미국 02155 매사추세츠주 메드포드 리버사이드 에비뉴 273

**소이어 타이슨 데이비드**

미국 03048 뉴햄프셔주 마슨 밥 메도우 레인 53

**리헤이 조나단 알.**

미국 01778 매사추세츠주 웨일랜드 브룩 트레일 로드 3

**슈나이더 요하네스**

미국 02446 매사추세츠주 캠브리지 브록클린 스트리트 188

**드리스콜 로버트**

미국 02472 매사추세츠주 워터타운 채닝 로드 9

**네일 패트릭 더블유.**

미국 02368 매사추세츠주 랜돌프 하이 스트리트 49

**아바드하니 샤킬**

미국 02139 매사추세츠주 캠브리지 에이피티. 7 매거진 스트리트 131

**지아라타나 존**

미국 02382 매사추세츠주 휘트먼 윈터 스트리트 182

**주커만 리차드 앤서니**

미국 02145 매사추세츠주 서머빌 에이피티 1에프 시더 에스티. 225

(30) 우선권주장

|            |             |        |
|------------|-------------|--------|
| 61/815,251 | 2013년04월23일 | 미국(US) |
| 61/865,970 | 2013년08월14일 | 미국(US) |
| 14/212,359 | 2014년03월14일 | 미국(US) |
| 14/212,521 | 2014년03월14일 | 미국(US) |
| 14/212,443 | 2014년03월14일 | 미국(US) |

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

액티브 현가 시스템이며,

신장 체적과 압축 체적을 포함하는 유압 작동기로서, 차량 휠 또는 현가 부재에 결합되도록 구성 및 배열된 유압 작동기,

유압 작동기의 신장 및 압축을 제어하기 위해 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통하는 유압 모터-펌프,

유압 모터에 작동식으로 결합된 전기 모터,

휠 이벤트 및 본체 이벤트 중 적어도 하나를 감지하도록 구성 및 배열된 센서, 및

전기 모터와 센서에 전기적으로 결합된 제어기를 포함하고,

감지된 휠 이벤트 및 감지된 본체 이벤트 중 적어도 하나에 응답하여, 제어기는 유압 작동기를 제어하기 위해 모터 입력을 전기 모터에 인가하는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 감지된 휠 이벤트 및 감지된 본체 이벤트 중 적어도 하나는 감지된 휠 이벤트인 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 액티브 현가 시스템의 응답 시간은 10 ms와 150 ms 사이인 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 유압 작동기, 유압 모터-펌프 및 전기 모터는 단일 하우징과 통합되는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 유압 모터-펌프, 전기 모터 및 제어기 중 적어도 하나는 유압 작동기에 대해 원격 위치되는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 유압 작동기의 압력은 전기 모터에 작동식으로 결합된 유압 모터-펌프에 의해 실질적으로 제어되는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 유압 작동기는 유압 작동기의 힘 속도 도메인의 모든 4개 사분면에서 동작하도록 제어되는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 모터 입력의 갱신 주파수는 휠 이벤트 주파수 및 본체 이벤트 주파수 중 적어도 하나 이상인 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 모터 입력의 갱신 주파수는 0.5 Hz보다 큰 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 모터 입력의 갱신 주파수는 1 kHz 미만인 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 휠 이벤트 주파수 및 본체 이벤트 주파수 중 적어도 하나는 0.5 Hz 내지 20 Hz 사이인 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 12

제1항에 있어서, 전기 모터는 발전기로서 동작되도록 구성 및 배열되는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 13

제1항에 있어서, 유압 작동기와 유압 모터-펌프 사이에 위치한 하나 이상의 밸브를 더 포함하는 액티브 현가 시스템.

#### 청구항 14

액티브 현가 시스템을 제어하는 방법이며,

휠 이벤트 및 본체 이벤트 중 적어도 하나를 감지하는 단계, 및

감지된 휠 이벤트 및 감지된 본체 이벤트 중 적어도 하나에 응답하여 전기 모터에 모터 입력을 인가하는 단계를 포함하고,

전기 모터는 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통하여 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합되는 방법.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 액티브 현가 시스템의 응답 시간은 10 ms와 150 ms 사이인 방법.

#### 청구항 16

제14항에 있어서, 전기 모터에 작동식으로 결합된 유압 모터-펌프로 유압 작동기의 압력을 제어하는 단계를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 17

제14항에 있어서, 유압 작동기의 힘 속도 도메인의 모든 4개 사분면에서 유압 작동기로 동작하는 단계를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 18

제14항에 있어서, 휠 이벤트 및 본체 이벤트 중 적어도 하나를 감지하는 단계는 휠 이벤트를 감지하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 19

제14항에 있어서, 휠 이벤트 주파수 및 본체 이벤트 주파수 중 적어도 하나 이상인 주파수로 모터 입력을 갱신시키는 단계를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 20

제19항에 있어서, 모터 입력의 갱신 주파수는 0.5 Hz 보다 큰 방법.

#### 청구항 21

제20항에 있어서, 모터 입력의 갱신 주파수는 1 kHz 미만인 방법.

## 청구항 22

제14항에 있어서, 휠 이벤트 주파수 및 본체 이벤트 주파수 중 적어도 하나는 0.5 Hz 내지 20 Hz 사이인 방법.

## 청구항 23

제14항에 있어서, 전기 모터를 발전기로서 사용하여 에너지를 재생하는 단계를 더 포함하는 방법.

## 청구항 24

제14항에 있어서, 유압 작동기와 유압 모터-펌프 사이에 위치한 하나 이상의 밸브를 동작시키는 단계를 더 포함하는 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 관련 출원 상호참조

[0002] 본 출원은 발명의 명칭이 "유압 작동 시스템 및 제어"인 2014년 3월 14일자로 출원된 미국 출원 번호 제 14/212,521호, 발명의 명칭이 "유압 작동 시스템 및 제어"인 2014년 3월 14일자로 출원된 미국 출원 제 14/212,443호 및 발명의 명칭이 "유압 작동 시스템 및 제어"인 2014년 3월 14일자로 출원된 미국 출원 제 14/212,359호에 대한 우선권을 35 U.S.C. § 120하에 주장하며, 14/212,521, 14/212,443 및 14/212,359 출원 각각은 발명의 명칭이 2013년 3월 15일자로 출원된 발명의 명칭이 "액티브 현가장치의 개선"인 미국 가출원 제 61/789,600호, 2013년 4월 23일자로 출원된 발명의 명칭이 "액티브 현가장치"인 미국 가출원 제61/815,251호 및 2013년 8월 14일자로 출원된 발명의 명칭이 "다중 경로 유체 다이버터 밸브"인 미국 가출원 제61/865,970호에 대한 우선권을 35 U.S.C. § 119(e)하에 주장하며, 상술한 출원들 각각은 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합되어 있다.

[0003] 기술 분야

[0004] 개시된 실시예는 유압 작동 시스템 및 제어에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0005] 유압 작동기는 예로서, 휠 및/또는 관련 차체에 인가된 다양한 부하에 응답하여 액티브 현가장치에 에너지를 인가하는 액티브 현가 시스템을 포함하는 운동 제어를 위해 장기간 사용되어 왔다. 원하는 레벨의 성능을 달성하기 위해, 액티브 현가 시스템은 이미 존재하거나 적절한 시기에 제공될 수 있는 에너지를 가질 필요가 있다. 유압 시스템의 경우에, 필요한 에너지는 필수적 유압 압력 및 유동에 상응한다. 적시적 방식으로 에너지가 인가되는 것을 보증하기 위해 유압 작동 시스템 및 유압 작동 현가 시스템에 사용되는 한 가지 일반적 접근법은 원하는 유압 압력과 유동을 제공하기 위해 연속 작동 펌프를 사용하는 것이다. 이들 유형의 시스템은 펌프의 용적의 제어 및/또는 하나 이상의 전기 제어식 밸브를 사용함으로써 연속 작동 펌프에 의해 제공되는 유체 유동 및 압력을 제어하여, 펌프로부터 작동기로의 유체 유동 및 압력을 제어한다. 일부 시스템, 특히, 고정 용적 펌프를 포함하는 시스템은 작동기를 우회하기 위해 밸브를 사용한다. 그러나, 일부 유압 시스템에서, 펌프의 속도는 유압 유동 체적 및/또는 압력을 증가 또는 감소시키기 위해 조정될 수 있다는 것을 유의하여야 한다.

[0006] 유압 작동기 시스템 및 유압 현가 시스템은 통상적으로 유압 호스 또는 튜브의 배열을 통해 작동기로 그리고 작동기로부터 유압 유체를 전달하기 위해 사용되는 원격 유압 파워 소스와 연계하여 유압 작동기를 사용하여 파워 공급된다. 유압 파워 소스는 예로서 전기 모터 및 펌프 조립체와 유체 저장부를 포함하는 다양한 구성요소를 포함할 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

#### 과제의 해결 수단

- [0007] 일 실시예에서, 액티브 현가 시스템은 신장 체적과 압축 체적을 포함하는 유압 작동기를 포함한다. 유압 작동기는 차량 휠 또는 현가 부재에 결합되도록 구성 및 배열된다. 유압 모터는 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통함으로써 유압 작동기의 신장 및 압축을 제어한다. 전기 모터는 또한 유압 모터에 작동식으로 결합된다. 제어기는 전기 모터에 전기적으로 결합되며, 제어기는 유압 작동기의 힘 속도 도메인의 4분면 중 적어도 세개에서 유압 작동기를 동작시키도록 전기 모터의 모터 입력을 제어한다.
- [0008] 다른 실시예에서, 액티브 현가 시스템을 제어하기 위한 방법은 유압 작동기의 힘 속도 도메인의 4분면 중 적어도 세개에서 유압 작동기를 동작시키도록 전기 모터의 모터 입력을 제어하는 단계를 포함하며, 유압 작동기는 차량 휠 또는 현가 부재에 결합되도록 구성 및 배열되며, 전기 모터는 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통하여 유압 모터에 작동식으로 결합됨으로써 유압 작동기의 신장 및 압축을 제어한다.
- [0009] 또 다른 실시예에서, 액티브 현가 시스템은 신장 체적과 압축 체적을 포함하는 유압 작동기를 포함한다. 유압 작동기는 차량 휠 또는 현가 부재에 결합되도록 구성 및 배열된다. 유압 모터-펌프는 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통함으로써 유압 작동기의 신장 및 압축을 제어한다. 전기 모터는 또한 유압 작동기에 작동식으로 결합되고, 센서는 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트를 감지하도록 구성 및 배열된다. 제어기는 전기 모터 및 센서에 전기식으로 결합된다. 추가적으로, 감지된 휠 이벤트 및/또는 감지된 본체 이벤트에 응답하여, 제어기는 유압 작동기를 제어하도록 전기 모터에 모터 입력을 인가한다.
- [0010] 다른 실시예에서, 액티브 현가 시스템을 제어하는 방법은 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트를 감지하는 단계 및 감지된 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트에 응답하여 전기 모터에 모터 입력을 인가하는 단계를 포함하며, 전기 모터는 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통하여 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합된다.
- [0011] 또 다른 실시예에서, 작동 시스템은 신장 체적과 압축 체적을 포함하는 유압 작동기를 포함한다. 유압 모터는 유압 모터의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통함으로써 유압 작동기의 신장 및 압축을 제어한다. 또한, 전기 모터는 유압 모터에 작동식으로 결합된다. 작동 시스템은 반사 시스템 관성과 시스템 컴플라이언스를 가지고, 시스템 컴플라이언스와 반사 시스템 관성의 곱의 적은 약  $0.0063 \text{ s}^{-2}$  이하이다.
- [0012] 다른 실시예에서, 장치는 제1 포트 및 제2 포트를 포함하는 하우징을 포함한다. 유압 모터-펌프는 하우징 내에 배치되고, 유압 모터-펌프는 제1 포트와 제2 포트 사이의 유체의 유동을 제어한다. 전기 모터는 하우징 내에 배치되고 유압 모터에 작동식으로 결합된다. 추가적으로, 전기 모터에 전기적으로 결합되고 하우징 내에 배치된 제어기는 전기 모터의 모터 입력을 제어한다.
- [0013] 또 다른 실시예에서, 액티브 현가 시스템은 액티브 현가 하우징과 액티브 현가 하우징 내에 배치된 유압 모터-펌프를 포함한다. 유압 모터는 액티브 현가 하우징을 통한 유체 유동을 제어한다. 전기 모터는 유압 모터에 작동식으로 결합되고 액티브 현가 하우징 내에 배치된다. 또한, 제어기는 전기 모터에 전기적으로 결합되며 액티브 현가 하우징 내에 배치된다. 제어기는 전기 모터의 모터 입력을 제어한다.
- [0014] 다른 실시예에서, 차량은 하나 이상의 액티브 현가 작동기를 포함하고, 각 액티브 현가 작동기가 신장 체적과 압축 체적을 포함하는 유압 작동기를 포함한다. 유압 모터-펌프는 유압 작동기의 신장 체적과 유체 연통함으로써 유압 작동기의 신장 및 압축을 제어한다. 전기 모터는 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합되고, 제어기는 전기 모터에 전기적으로 결합된다. 제어기는 유압 작동기를 제어하기 위해 전기 모터의 모터 입력을 제어한다.
- [0015] 다른 실시예에서, 장치는 하우징과 하우징의 제1 부분과 하우징의 제2 부분 사이에 배치된 하우징에 위치한 압력 밀봉 배리어를 포함한다. 제1 부분은 제2 부분에 대한 가변적 압력에 노출되는 유체로 충전되도록 구성 및 배열된다. 추가적으로, 하우징의 제1 부분으로부터 하우징의 제2 부분으로 압력 밀봉 배리어를 통해 전기적 피드스루가 통과한다. 전기적 피드스루에 순응성 연결부가 전기적으로 연결되고, 또한, 하우징 상에 또는 하우징 내에 배치된 제어기에 전기적으로 연결된다.
- [0016] 상술한 개념 및 후술된 추가적 개념은 본 내용은 이러한 관점에 한정되는 것이 아니기 때문에 임의의 적절한 조합으로 배열될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 또한, 본 내용의 다른 장점 및 신규한 특징은 첨부 도면과 연계하여 고려할 때 다양한 비제한적 실시예에 대한 이하의 상세한 설명으로 명백히 알 수 있을 것이다.
- [0017] 본 명세서와 참조로 통합된 문헌이 상충 및/또는 불일치한 내용을 포함하는 경우, 본 명세서가 기준이다. 참조로 통합된 둘 이상의 문헌이 서로에 관하여 상충 및/또는 불일치하는 내용을 포함하는 경우, 이때, 더 최근의 유효 일자를 갖는 문헌이 기준이다.

### 도면의 간단한 설명

[0018]

첨부 도면은 실적으로 그려진 것은 아니다. 도면에서, 다양한 도면에 예시되어 있는 각각의 동일 또는 거의 동일한 구성요소는 유사 번호로 표시될 수 있다. 명료성을 위해, 모든 구성요소가 모든 도면에 참조번호가 부여되어 있는 것은 아니다.

도 1은 종래의 반-액티브 현가 힘/속도 범위의 예시적 그래프이다.

도 2는 4개 사분면을 사용한 액티브 현가장치의 예시적 그래프이다.

도 3은 액티브 현가 시스템의 다양한 입력 및 모터 제어를 위한 주파수-도메인의 예시적 그래프이다.

도 4는 유압 작동기의 개략도이다.

도 5는 차량 현가장치에 통합된 유압 작동기의 개략도이다.

도 6은 액티브 현가 시스템의 예시적 블록도이다.

도 7은 액티브 현가 시스템의 에너지 유동의 예시적 그래프이다.

도 8은 이벤트당 기반으로 액티브 현가 제어를 예시하는 본체 가속 및 모터 토크의 그래프이다.

도 9는 본체 가속에 상관된 토크 명령의 크기 대 주파수의 보드(Bode) 다이어그램이다.

도 10은 액티브 현가 시스템의 피드백 루프의 예시적 블록도이다.

도 11은 응답 시간, 오버샷 및 후속 힘 진동을 예시하는 계산된 힘 응답이다.

도 12는 계산된 보드 다이어그램이다.

도 13은 유압 작동기와 스마트 밸브를 포함하는 액티브 현가 작동기의 단면도이다.

도 14는 스마트 밸브의 단면도이다.

도 15는 유압 작동기와 스마트 밸브를 포함하는 액티브 현가 작동기의 단면도이다.

도 16은 도 15의 스마트 밸브의 확대 단면도이다.

도 17은 제어기 밸브 통합체의 개략도이다.

도 18은 포괄적 전기-유압 밸브 아키텍처의 개략도이다.

도 19a 내지 도 19f는 작동기 본체에 스마트 밸브를 연결하기 위한 다양한 부착 방법을 도시한다.

도 20은 차량의 일 코너에서 휠 웰(wheel well) 내에 배치된 스마트 밸브와 연결된 유압 작동기의 단면도이다.

도 21은 가요성 케이블 연결 시스템을 채용하는 차량의 일 코너에서 휠 웰 내에 배치된 스마트 밸브와 연결된 유압 작동기의 개략도이다.

도 22는 차량의 일 코너에서 휠 웰 내에 배치된 상단 장착된 스마트 밸브와 연결된 유압 작동기의 단면도이다.

도 23은 수요 공급식 에너지 유동을 갖는 액티브 현가장치의 예시적 블록도이다.

도 24는 수요 공급식 에너지를 제공하도록 구성된 액티브 현가장치의 개략도이다.

도 25는 수요 공급식 에너지를 제공하도록 구성된 직렬 스프링 및 병렬 댐퍼를 갖는 액티브 현가장치의 개략도이다.

도 26a 내지 도 26d는 수요 공급식 에너지를 제공하도록 구성된 밸브 및 댐퍼를 포함하는 액티브 현가장치의 개략도이다.

도 27은 수요 공급식 에너지를 제공하도록 구성된 단일 작동 작동기를 포함하는 액티브 현가장치의 개략도이다.

도 28은 액티브 현가 시스템을 위한 4개 작동 사분면 힘 속도 도메인의 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019]

본 발명자는 전형적 유압 작동기 시스템 및 유압 현가 시스템과 연계된 다수의 단점을 인식하였다. 더 구체적



으로, 전형적 유압 작동기 및 유압 현가 시스템과 함께 사용되는 유압 파워 시스템과 연계된 비용은 다수의 용례에 대하여 사용불가하게 고가이다. 또한, 원격 위치된 유압 파워 시스템과 연계된 패키징은 설치 과제 및 신뢰성 문제를 제공할 수 있는 비교적 긴 길이에 걸친 다수의 유압 호스 및/또는 배관의 사용을 필요로 한다. 추가적으로, 상술한 바와 같이 에너지가 일정하게 가용할 필요가 있는 용례는 연속 구동 펌프의 사용을 필요로 한다. 그러나, 본 발명자는 펌프가 연속적으로 동작할 필요가 있다는 것은 어떠한 유압 에너지도 실제 필요로 하지 않을 때에도 에너지가 펌프에 인가되는 것을 필요로 함으로써 시스템 효율을 감소시킨다는 것을 인식하였다. 일부 시스템이 시스템 효율을 증가시키기 위해 가변 용적 펌프를 사용하지만, 이 시스템은 고정 용적 펌프를 사용하는 대응 시스템보다 더 고가이고 덜 신뢰적인 경향이 있어서 다수의 용례를 위한 그 사용을 제한할 수 있다. 추가적으로, 펌프의 속도를 조절하는 시스템은 또한 예로서, 시동 마찰, 회전 관성 및 그 전기적 제어 시스템에 대한 제한을 포함하는 그 용도를 제한하는 다수의 기술적 과제에 직면하고 있다.

[0020] 상술한 바 및 다른 고려사항의 견지에서, 본 발명자는 자립식 또는 부분 자립식 유압 작동 시스템을 제공하기 위해 유압 시스템을 탈중양화하는 것과 연계된 이득을 인식하였다. 예로서, 그리고, 더 상세히 후술된 바와 같이, 원격 위치된 유압 파워 시스템을 포함하는 대신, 유압 파워 시스템 또는 유압 파워 시스템의 일부 부분은 유압 작동기와 일체화되거나 유압 작동기에 부착될 수 있다. 특정 구성에 따라서, 이는 유압 파워 시스템과 유압 작동기 사이의 외부적 유압 연결에 대한 필요성을 감소 또는 제거시킬 수 있다. 이는 증가된 신뢰성 및 감소된 설치 비용과 전체 유압 시스템과 연계된 복잡성 양자 모두를 제공할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명자는 연속 동작 펌프를 필요로 하지 않기 때문에 에너지 소비를 감소시킬 수 있는 수요 공급식 파워를 제공할 수 있는 유압 작동기 및/또는 액티브 현가 시스템을 제공하는 것과 연계된 이득을 인식하였다. 수요 공급식 파워를 제공할 수 있는 유압 시스템은 유압 작동기 본체, 유압 모터-펌프, 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합된 연계된 전기 모터 및 제어기를 포함할 수 있다. 추가적으로, 유압 모터-펌프는 전기 모터로의 에너지 전달이 신속하고 부수적 전자 제어식 밸브에 대한 필요성 없이 유압 작동기에 인가된 압력 및 이에 따른 그 응답을 직접적으로 제어하도록 유압 작동기와 로크스텝(lockstep)식으로 동작될 수 있다. 수요시 공급 파워를 제공할 수 있는 유압 시스템은 또한 원하는 성능 레벨을 제공하면서 시스템의 복잡성을 감소시킬 수 있다.

[0022] 상술한 바에 추가로, 본 발명자는 시간에 걸친 평균 거동에 기초한 시스템의 제어에 대해 비교할 때, 시스템이 개별 이벤트에 응답할 수 있게 하도록 충분히 신속한 속도로 제어될 수 있는 유압 작동기 및/또는 현가 시스템을 제공하는 것과 연계된 이득을 인식하였다. 이는 개선된 차량 성능 및 쾌적성을 가능하게 할 수 있는 개별 휠 및/또는 본체 이벤트에 응답하는 차량 현가 시스템을 위한 용도에 특히 유익할 수 있다. 추가적으로, 특정 용례에 따라서, 유압 시스템은 또한 더 상세히 후술된 바와 같이 힘 속도 도메인의 셋 이상의 사분면 내에서 제어를 제공할 수 있다. 그러나, 개시 내용이 제한적이지 않기 때문에 유압 시스템은 또한 하나, 둘 또는 임의의 적절한 수의 힘 속도 도메인의 사분면에서 동작할 수도 있다.

[0023] 개시된 유압 작동기 및 현가 시스템을 구현하는 실시예에서, 본 발명자는 유압 시스템에 의해 원하는 힘 및/또는 변위를 공급하기 위해 응답 시간이 시스템의 다양한 구성요소의 컴플라이언스 및 관성과 연계된 고유한 지연에 기인하여 제한될 수 있다는 것을 인식하였다. 결과적으로, 특정 응답 시간을 갖는 것이 바람직한 실시예에서, 본 발명자는 더 상세히 후술된 바와 같이 원하는 성능 레벨을 가능하게 하도록 유압 시스템의 컴플라이언스 및 관성을 설계하는 것이 바람직할 수 있다는 것을 인식하였다.

[0024] 전형적 유압 작동기 및 현가 시스템 및 다양한 실시예와 연계된 다수의 가능한 이득에 관한 문제가 인지되어 왔지만, 본 명세서에 설명된 실시예는 상술한 제한을 다루는 것에만 한정되지 않아야 하며, 또한, 본 내용이나 청구범위 중 어느 쪽도 이러한 형태에 한정되지 않으며 다른 이득을 제공할 수도 있다.

[0025] 본 출원의 목적상, 용어 유압 모터-펌프는 유압 모터나 유압 펌프 중 어느 한쪽을 지칭할 수 있다.

[0026] 일 실시예에서, 유압 시스템은 유압 작동기, 유압 모터-펌프, 전기 모터 및 관련 제어기를 포함한다. 유압 작동기는 유압 작동기의 하우징 내에 위치된 신장 체적과 압축 체적을 포함한다. 신장 체적 및 압축 체적은 작동기의 신장 행정 및 압축 행정을 통해 이동하도록 구성 및 배열된 피스톤의 각 측부 상에 위치된다. 유압 작동기 하우징은 예로서, 하나 이상의 동심 튜브에 의해 형성되는 다수의 채널을 포함하는 유압 작동기 하우징을 포함한 임의의 적절한 구조에 대응할 수 있다. 유압 작동기는 유압 작동기의 작동을 제어하기 위해 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적과 유체 연통하는 유압 모터-펌프와 연계된다. 더 구체적으로, 유압 모터-펌프가 제1 방향으로 동작될 때, 유체는 신장 체적으로부터 압축 체적으로 유동하고, 유압 작동기는 신장 행정을 받는다. 대응적으로, 유압 모터-펌프가 제2 방향으로 동작될 때, 유체는 압축 체적으로부터 신장 체적으로 유동하고, 유압 작동기는 압축 행정을 받는다. 추가적으로, 적어도 일부 실시예에서, 유압 모터-펌프는 유압 작동기의 신장



및 압축 양자 모두를 제어하도록 유압 작동기와 로크스텝식으로 동작할 수 있다. 본 내용이 임의의 특정 장치에 한정되지 않으므로, 고정 용적, 가변 용적, 고정 속도 및/또는 가변 속도를 제공할 수 있는 장치를 포함하는 임의의 적절한 유압 모터-펌프가 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예로서, 일 실시예에서, 유압 모터-펌프는 제로터에 대응할 수 있다.

[0027] 상술한 바와 같이, 유압 시스템은 또한 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합될 수 있는 전기 모터를 포함한다. 전기 모터는 본 내용이 이에 한정되지 않으므로 유압 모터-펌프에 간접적으로 또는 직접적으로 결합될 수 있다. 각 경우에, 전기 모터는 유압 모터-펌프에 적용되는 힘을 제어한다. 또한, 전기 모터가 제어되는 방식에 따라, 유압 모터-펌프는 유압 작동기를 능동적으로 구동할 수 있거나, 미래의 사용을 위해 보관되거나 소산될 수 있는 에너지를 또한 생성하면서 유압 작동기에 댐핑을 제공하기 위한 발전기로서 작용할 수 있다. 전기 모터가 발전기로서 역방향 구동되는 예에서, 유압 모터-펌프는 인가된 힘에 응답하여 유압 작동기의 신장 체적과 압축 체적 사이에서 유동하는 유체에 의해 특정 방향으로 구동된다. 순차적으로, 유압 모터-펌프는 전기 에너지를 생성하기 위해 전기 모터를 구동한다. 발전 동안 전기 모터에 인가되는 임피던스 또는 다른 적절한 입력을 제어함으로써 유압 작동기에 인가된 댐핑 힘은 소정 범위의 힘을 제공하도록 전기적으로 제어될 수 있다. 일부 실시예에서, 유압 모터-펌프는 유압 작동기와 로크스텝식으로 동작한다.

[0028] 상술한 제어기는 전기 모터에 전기적으로 결합되며, 특정 동작 모드와 유압 작동기에 인가되는 힘을 제어하기 위해 전기 모터의 모터 입력을 제어한다. 모터 입력은 예로서, 전기 모터의 위치, 전압, 토크, 임피던스, 주파수 및/또는 모터 속도를 포함하는 임의의 적절한 파라미터에 대응할 수 있다. 전기 모터는 예로서, 외부적 파워 공급부, 차량의 배터리 및 다른 적절한 소스 같은 외부 에너지 소스 및 배터리, 슈퍼 커패시터, 유압 축압기, 플라이휠 및 다른 적절한 장치 같은 유압 작동기 및/또는 제어기와 통합될 수 있는 내부적 소스를 포함하는 임의의 적절한 에너지 소스에 의해 파워공급될 수 있다. 상술한 견지에서, 유압 작동기에 공급된 압력은 별개로 제어되는 밸브를 필요로 하지 않고 유압 모터-펌프에 연결된 전기 모터에 의해 제어될 수 있다.

[0029] 또한, 유압 모터-펌프가 단일 방향으로만 동작되는 실시예도 적절한 밸브의 사용을 통해 가능하지만, 유압 모터-펌프는 양방향적 방식으로 동작될 수 있다. 이런 실시예에서, 유압 작동기의 위치는 전기 모터의 위치에 의해 결정될 수 있다. 결과적으로, 전기 모터가 제어되는 방식에 따라서, 연계된 유압 작동기는 여전히, 능동적으로 신장 또는 능동적으로 압축되어 유지될 수 있다. 대안적으로, 유압 작동기에는 역시 압축 댐핑 또는 신장 댐핑 중 어느 하나가 적용될 수 있다. 상술된 바와 같이 구성 및 동작되는 유압 시스템은 복잡한 밸브 장치의 사용 없이 각 방향으로 유압 작동기를 제어하기 위해 사용될 수 있으며, 파워는 연속 동작 펌프에 비해 필요시에만 시스템에 인가된다. 예로서, 일 특정 실시예에서, 유압 모터-펌프에 의해 펌핑되는 유체의 절반을 초과한 양이 하나 이상의 밸브를 통해 작동기를 우회하는 대신 유압 작동기를 작동시키기 위해 사용될 수 있다.

[0030] 예로서, 오프-하이웨이(off highway) 리프팅 용례, 포크리프트, 리프트 붐 또는 로봇 용례 같은 부하 유지 용례에 유압 작동기가 사용되는 예에서, 작동기가 이동하도록 명령될 때까지 제 위치에 작동기를 유압식으로 로크하기 위해 부하 유지 밸브를 통합하는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 부하 유지 장치는 안전성 및/또는 패일세이프 이유로 바람직할 수 있다. 일 실시예에서, 부하 유지 장치는 하나 이상의 부하 유지 밸브이다. 이들 하나 이상의 부하 유지 밸브는 본질적으로 패시브식, 예를 들어, 파일럿 작동식 체크 밸브일 수 있거나 이들은 이들이 제어 입력, 예를 들어, 솔레노이드 작동식 밸브를 필요로 하도록 액티브식일 수 있다. 다른 실시예에서, 부하 유지 장치는 유압 작동기를 제 위치에 로크하도록 구성 및 배열되는 기계적 장치이다. 예로서, 부하 유지 장치는 피스톤 로드를 파지하도록 구성 및 배열된 기계적 브레이크일 수 있다. 이런 실시예에서, 기계적 장치는 유압 작동기를 이동시키는 것이 소망될 때 유압식, 기계식 및/또는 전기식으로 비활성화될 수 있다. 다수의 가능한 부하 유지 장치가 상술되었지만, 유압 작동기의 작동을 제한 및/또는 방지할 수 있는 임의의 적절한 장치가 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0031] 특정 실시예가 상술되었지만, 본 내용은 이에 한정되지 않으므로, 연속 동작 펌프 및/또는 다양한 유형의 밸브를 통합하는 실시예가 또한 가능하다는 것을 이해하여야 한다.

[0032] 일 실시예에서, 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템은 전기 모터, 유압 모터-펌프(HSU로 일반적으로 지칭되는 정수역학적 유닛일 수 있음), 유압 작동기 및 모터 제어기를 포함한다. 실시예에 따라서, 상술한 구성요소 중 다양한 구성요소가 단일 하우징 내에 배치되거나 그와 통합될 수 있다. 추가적으로, 전기 모터 및 유압 모터-펌프는 서로 긴밀하게 결합될 수 있다. 전기 모터 및 유압 모터-펌프가 공통 샤프트에 긴밀하게 결합되는 전기 모터, 유압 모터-펌프 및 모터 제어기를 축약적, 자립식 유닛으로 조합하는 기능은 크기, 성능, 신뢰성 및 내구성에 관하여 다수의 장점을 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 모터 제어기는 양방향적 파워 유동을 위한

기능을 가지며, 모터 전압, 전류, 저항 중 어느 하나, 상술한 바의 조합 또는 다른 적절한 모터 입력을 제어함으로써 정확하게 모터를 제어하는 기능을 가진다. 이는 모터 제어가 센서 입력에 기초하여, 원하는 모터 속도, 위치 및/또는 토크를 정확하게 달성할 수 있게 한다(내부 센서, 외부 센서 또는 양자의 조합으로부터). 유닛이 양방향적 방식으로 유압 유동 및/또는 압력을 정확하게 제어할 수 있으므로 요소의 상술한 조합은 "스마트 밸브"라 명명될 수 있다. 추가적으로 이러한 제어는 별도의 수동적 또는 능동적 제어식 밸브에 대한 필요성 없이 달성될 수 있다. 추가적 밸브가 스마트 밸브와 함께 사용될 수 있는 실시예도 고려된다.

[0033] 상술한 바와 같이, 스마트 밸브 내의 유압 모터-펌프 및 전기 모터는 공통 샤프트에 긴밀하게 결합될 수 있다. 추가적으로, 이들 구성요소는 공통 유체 충전된 하우징에 배치될 수 있으며, 그에 의해, 밀봉부를 갖는 샤프트에 대한 필요성을 제거한다. 이는 밸브의 내구성 및 성능을 증가시킬 수 있다. 추가적으로, 일부 실시예의 스마트 밸브는 또한 통합된 전자 제어를 포함하며, 이는 파워 및 로직 기능 양자 모두를 조합할 수 있고 또한 회전 위치 센서, 가속계 또는 온도 센서 등 같은 센서를 포함할 수 있다. 스마트 밸브 내로 전자 제어를 통합하는 것은 제어기 파워 보드와 전기 모터 권선 사이의 거리를 최소화하며, 그에 의해, 통합된 전자 제어기의 파워 보드 섹션과 전기 모터 사이의 파워 연결의 길이를 감소시킨다. 이는 차량 내부로부터의 전자기 간섭(EMI) 교란 및 접속의 파워 손실 양자 모두를 감소시킬 수 있다.

[0034] 단일 본체 유닛으로의 스마트 밸브와 유압 작동기의 조합은 다수의 이득을 제공하는 매끈하고 축약적인 디자인을 제공할 수 있다. 예로서, 이런 실시예는 긴 유압 호스를 연장할 필요성을 제거함으로써 통합 복잡성을 감소시키고, 시스템을 완전히 밀봉함으로써 내구성을 향상시키고, 제조 비용을 감소시키고, 시스템 강성도를 증가시킴으로써 응답 시간을 개선시키며, 구성요소 사이의 더 짧은 거리로부터 전기적 및 유압적 양자 모두의 손실을 감소시킨다. 이런 시스템은 또한 모노튜브, McPherson 스트럿 또는 공기 스프링 시스템 같은 다수의 현가 아키텍처와의 손쉬운 통합을 가능하게 한다. 차량으로의 통합의 용이성을 위해, 통합된 액티브 현가 스마트 밸브 및 유압 작동기를 전형적 패시브 댐퍼 기반 현가 시스템의 크기 및/또는 형상의 제약 내에 맞추는 것이 바람직하다. 따라서, 일부 실시예에서, 스마트 밸브는 특히 스마트 밸브 기반 작동기가 이들 플랫폼의 현저한 채설계를 필요로 하지 않고 기존 차량 플랫폼 내에 설치될 수 있게 할 수 있는 전형적 패시브 댐퍼 기반 현가 시스템의 크기, 형태 및 형상 인자 제약에 부합되도록 크기설정 및 성형된다.

[0035] 일 양태에 따라서, 스마트 밸브는 단일 유닛으로 구성된, 전자 제어 유닛 또는 제어기, 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합된 전기 모터 및 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다. 유압 모터-펌프는 제1 포트와 제2 포트를 포함한다. 제1 포트는 유압 작동기의 신장 체적과 유체 연통하고, 제2 포트는 유압 작동기의 압축 체적과 유체 연통한다. 이런 실시예에서, 스마트 밸브는 차량 현가 힘 속도 도메인의 다수의(예를 들어, 통상적으로 셋 또는 넷의) 사분면에서 제어된 힘을 생성하도록 제어될 수 있으며, 그에 의해, 유압 작동기의 힘 속도 도메인의 4개 사분면은 압축 댐핑, 신장 댐핑, 액티브 신장 및 액티브 압축에 대응한다. 스마트 밸브의 다양한 실시예가 가능하며, 선택적으로 유압 작동기 내에 배치된 피스톤을 포함하는 상술한 아이템을 포함할 수 있다. 피스톤은 작동기 내의 제1 챔버와 제2 챔버 사이에서 이동가능하게 위치된다. 제1 챔버는 신장 체적일 수 있고, 제2 챔버는 압축 체적일 수 있다.

[0036] 다른 양태에 따라서, 스마트 밸브는 역시 제어기, 전기 모터, 유압 모터-펌프 및 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다. 스마트 밸브는 모터 권선을 통한 전압 또는 전류 같은 전기 모터의 모터 입력을 제어함으로써 전기 모터에 원하는 속도 또는 토크 같은 모터 출력을 제공하도록 전자 제어기에 의해 작동될 수 있다. 이는 모터의 회전을 저지하는 토크를 생성할 수 있다.

[0037] 다른 양태에 따라서, 제어기는 위치, 전압, 토크, 임피던스 또는 주파수 중 적어도 하나의 모터 입력에 의해 전기 모터를 제어할 수 있다. 추가적으로, 스마트 밸브의 다양한 구성요소는 단일 하우징 또는 본체 내에 배치될 수 있거나 그와 통합될 수 있다. 대안적으로, 제어기, 전기 모터 및 센서는 하우징 내에 수납될 수 있고, 이는 액티브 현가 시스템 구성요소 사이의 통신을 촉진하도록 유압 모터-펌프를 위한 하우징에 조립될 수 있다.

[0038] 다른 실시예에서, 스마트 밸브는 전기 모터, 전기 모터 제어기 및 유압 펌프를 하우징 내에 포함할 수 있다. 실시예에 따라서, 하우징은 유체 충전된다. 스마트 밸브의 대안적 구성은 유압 펌프, 유압 펌프의 동작을 제어하는 전기 모터, 전기 모터 제어기 및 단일 본체 하우징 내의 하나 이상의 센서를 포함할 수 있다. 스마트 밸브의 또 다른 구성에서, 스마트 밸브는 전기 모터, 유압 모터-펌프 및 유압 모터-펌프와 유체 연통하는 피스톤이 장비된 유압 작동기를 포함할 수 있다.

[0039] 다른 양태에 따라서, 스마트 밸브는 차량 휠 웰에 맞도록 크기설정 및 성형될 수 있다. 이런 실시예에서, 스마트 밸브는 작동기 본체에 배치된 피스톤 로드, 유압 모터, 전기 모터 및 전기 모터를 제어하기 위한 전기 제어

기를 포함할 수 있다. 스마트 밸브는 또한 작동기 본체에 배치된 하나 이상의 패시브 밸브를 포함할 수 있다. 패시브 밸브는 유압 모터와 직렬이거나 그와 병렬로 동작될 수 있다.

[0040] 다른 양태에 따라서, 액티브 현가 시스템에 통합된 스마트 밸브는 전기 모터를 제어하는 전자 제어기가 스마트 밸브 및/또는 전기 모터와 긴밀하게 통합되도록 구성될 수 있다. 이는 전기 모터에 대한 제어 전자장치로부터 높은 전류 경로의 길이를 유익하게 최소화할 수 있다.

[0041] 다른 양태에 따라서, 하나 이상의 스마트 밸브 및/또는 유압 작동기를 차량의 모든 휠을 제어하는 차량 액티브 현가 시스템과 통합하는 것이 바람직할 수 있다. 이런 시스템은 복수의 스마트 밸브를 포함할 수 있으며, 이들 각각은 각 스마트 밸브가 관련 휠을 제어하기 위한 압력 및/또는 휠 특정 가변 유동을 생성할 수 있도록 차량 휠에 인접하게 배치된다. 이는 스마트 밸브를 통한 유체의 유동을 제어함으로써 달성될 수 있다. 상술한 바와 유사하게, 개별 스마트 밸브를 통한 유체의 유동은 각 스마트 밸브의 유압 모터-펌프와 연계된 전기 모터를 사용하여 제어될 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 전기 모터가 유압 모터-펌프와 함께 동축으로 배치되는 것이 바람직할 수 있다.

[0042] 스마트 밸브의 다수의 가능한 실시예가 본 명세서에 설명되어 있지만, 스마트 밸브는 다양한 다른 방식으로 구성될 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 일부 예시적 방식은 몇몇을 들자면 모터 제어기에 모터 전류를 전달하는 어떠한 노출된 또는 가요성 배선도 존재하지 않도록 모터 하우징과 통합된 전자식 모터 제어기; 작동기 본체 또는 하우징에 연결되거나 그와 완전히 통합된 스마트 밸브의 구성요소; 유압 충격 흡수기 본체에 연결되거나 그와 통합된 스마트 밸브의 구성요소; 스마트 밸브의 전자장치는 작동기에 장착되고; 스마트 밸브의 전기 모터 및 유압 펌프는 동일 샤프트 상에 배치되고; 어떠한 유압 호스도 필요로 하지 않는 스마트 밸브; 작동기의 피스톤 로드와 대략 축방향으로 정렬되는 유압 모터; 피스톤 로드 이동 방향에 대략 수직인 유압 모터 및 차량 휠 조립체의 하부 제어 아암과 스트러트의 상단부 사이에 장착되는 스마트 밸브를 포함한다.

[0043] 다른 양태에 따라서, 특정 용례에서, 스마트 밸브는 특정 크기, 형상 및/또는 배향 제한을 필요로 할 수 있다. 다양한 용례를 위한 예시적 스마트 밸브 실시예가 이제 설명된다. 일 실시예에서, 스마트 밸브는 현가장치와 통합되고, 작동기 상단 및 저부 장착부 사이에서 그리고 차량 휠 웰 내에 끼워질 수 있는 체적 및 형상을 점유한다. 다른 실시예에서, 스마트 밸브는 현가장치와 통합되고 현가 시스템의 연계된 작동기의 관절작동 및 전체 범위의 운동 동안 적절한 유극이 스마트 밸브와 모든 주변 구성요소 사이에서 유지되도록 체적과 형상을 점유한다. 또 다른 실시예에서, 현가 작동기는 작동기 본체와 동축으로 스마트 밸브를 지지하며 작동기 상단 장착부에 연결된다. 다른 실시예에서, 현가장치는 작동기 본체와 동축으로 스마트 밸브를 지지하고, 자동차 댐퍼 상단 장착부 및 스프링 퍼치(perch)의 것과 실질적으로 유사한 직경을 점유한다. 모터-펌프의 액티브 현가 제어부는 8 in 미만 직경, 8 in 깊이가 되도록 구성될 수 있으며, 일부 경우에는 그 점유면적보다 실질적으로 작다.

[0044] 다른 양태에 따라서, 스마트 밸브는 자립식일 수 있으며, 외부적으로 발생된 지식, 센서 입력 또는 차량으로부터의 다른 데이터를 필요로 하지 않을 수 있다. 통합된 프로세서 기반 제어기를 갖는 스마트 밸브는 다른 시스템에 독립적으로 기능할 수 있다. 이는 차량의 다른 휠 상에 동작하는 다른 스마트 밸브(예를 들어, 코너 제어기)가 존재하는지 여부에 무관하게 자체 캘리브레이션 같은 기능을 포함할 수 있다. 스마트 밸브는 광범위한 현가 성능을 전달할 수 있으며, 이는 패시브 댐퍼, 반-액티브 현가장치/재생성 작동기, 가변 현가장치로서 및/또는 완전 액티브 현가장치 등으로서의 동작을 포함할 수 있다. 자립적이고 요구되는 파워 모두와, 로직 제어 및 모든 유압 연결이 작동기 조립체 내에 수용되기 때문에 이러한 기능이 용이해진다. 자립식 스마트 밸브는 잠재적으로 더 많은 값 및/또는 개선된 성능을 전달하기 위한 광범위한 진보된 차량 기능과 조합될 수 있다. 스마트 밸브를 예측 제어, GPS 가능화 도로 조건 정보, 레이더, 전방 관찰 센서 등과 조합하는 것은 CAN 버스 같은 차량 통신 버스의 사용을 통해 쉽게 달성될 수 있다. 스마트 밸브의 알고리즘은 현가 동작, 성능 등을 조절하기 위해 이러한 추가적 정보를 포함할 수 있다. 일 예에서, 후방 휠 스마트 밸브가 전방 휠 스마트 밸브 및 차량 속도에 대한 일부 지식에 의해 취해지는 작동에 대한 지식을 갖는 경우, 후방 휠의 현가 시스템은 휠이 이벤트를 경험하기 이전에 휠 이벤트에 응답하도록 준비될 수 있다.

[0045] 다른 양태에 따라서, 다른 압력 밀봉된 배리어와 조합된 가요성 멤브레인 또는 순응성 전기 연결부는 유압 가압식 하우징 내에 위치된 제어기로부터 배리어 또는 멤브레인의 운동을 기계적으로 분리시키기 위해 사용될 수 있다. 유압 가압식 하우징은 별개의 가압 유체 충전 부분 및 공기 충전 부분을 포함할 수 있다. 제어기로부터 이동을 분리시키는 것은 제어기의 인쇄 회로 보드에 접속된 멤브레인 또는 압력 밀봉 배리어를 통해 통과한 모터 연결부 사이의 댄넵 조인트의 브레이킹을 방지하는 것을 도울 수 있다. 다른 양태에 따라서, 유압 가압식 하우징 내에 제어기 전자장치들을 동시위치시키는 것은 또한 복잡한 기계적 피드스루에 대한 필요성을



제거하고, 더욱 예측가능한 열적 환경을 제공한다.

- [0046] 다른 양태에 따라서, 유압 모터-펌프로부터의 유압 압력 리플은 포트 타이밍 축압기 버퍼를 사용함으로써 및/또는 유압 리플 소거 알고리즘을 위한 신호를 공급하기 위해 회전 위치 센서를 사용함으로써 감소된다.
- [0047] 상술한 유압 작동 시스템은 임의의 수의 용례에 사용될 수 있다. 예로서, 유압 시스템은 몇몇을 들자면 굴착기, 야람, 항공기(예를 들어, 플랩, 에일러론, 엘리베이터, 러더 등)의 제어 표면, 포크리프트, 리프트 붐 및 액티브 현가 시스템에 결합되도록 구성 및 배열될 수 있다. 따라서, 제어 시스템의 특정 실시예가 더 상세히 후술된 바와 같이 액티브 현가 시스템에 관련하지만, 언급된 제어 방법 및 후술된 시스템은 임의의 적절한 시스템에 통합될 수 있고, 액티브 현가 시스템에만 한정되는 것은 아니라는 것을 이해하여야 한다.
- [0048] 도 1 및 도 2는 힘 속도 도메인 내에서 현가 시스템에 통합된 유압 작동기를 제어하기 위한 다양한 방식의 플롯을 제공한다. 도면에 예시된 바와 같이, 힘 속도 도메인은 유압 작동기의 신장에 상쇄작용하기 위해 유압 작동기에 의해 힘이 인가되는 신장 댐핑에 대응하는 제1 사분면 I을 포함한다. 유사하게, 사분면 III은 압축력에 의한 유압 작동기의 압축을 상쇄작용하기 위해 유압 작동기에 의해 힘이 인가되는 압축 댐핑에 대응한다. 대조적으로, 사분면 II 및 IV는 원하는 위치로 구동되는 유압 작동기의 액티브 압축 및 액티브 신장에 대응한다.
- [0049] 도 1은 전형적 반-액티브 현가장치에 통합된 작동기의 명령 기구(2)의 플롯이다. 도면에 예시된 바와 같이, 반-액티브 현가장치의 명령 기구(2)는 신장 및 압축 댐핑에 대응하는 사분면 I 및 III 내에 위치된다. 따라서, 이런 시스템은 단지 이동을 상쇄하도록 힘(즉, 반응력)을 인가한다. 통상적으로, 반-액티브 현가장치의 성능은 시스템을 통한 유체 유동을 조정하도록 간단한 전자 제어식 밸브의 개방 및 폐쇄를 통해 전체 연성(4) 및 전체 강성(6)에 대응하는 댐핑 특성 곡선 사이에서 변화될 수 있다. 전자 제어식 밸브를 통합하는 시스템은 통상적으로 동작을 위해 에너지를 소비하며, 유압 작동기의 댐핑과 연계된 에너지는 열로서 소산된다. 또한, 반-액티브 시스템의 동작 범위는 높은 힘에서의 누설에 기인하여 제한되며, 더 낮은 힘에서 유체 손실 및 마찰 효과를 겪는다.
- [0050] 본 명세서에 설명된 바와 같은 유압 작동기는 도 1에 도시된 바와 같이 반-액티브 시스템의 성능을 에뮬레이팅하도록 동작될 수 있다. 그러나, 이런 시스템은 에너지를 소비하는 대신 에너지를 재생한다. 예로서, 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합된 전기 모터의 단자가 개회로 상태로 남아있는 경우(예를 들어, 비교적 높은 임피던스 상태), 전체 연성(4) 곡선과 유사한 댐핑 곡선이 달성될 수 있다. 대신 전기 모터의 단자가 낮은 임피던스에 연결되는 경우, 전체 강성(6) 곡선과 유사한 댐핑 곡선이 달성될 수 있다. 이들 경계 사이의 댐핑 곡선에 대하여, 본 명세서에 설명된 것들 같은 유압 작동기는 휠 이동으로부터 에너지를 발생할 수 있다. 고 및 저 임피던스 상태의 설명은 기능적 설명이며, 일부 실시예에서, 이는 H-브리지 모터 제어기 같은 스위칭 파워 컨버터에 의해 달성될 수 있고, 여기서, 스위치는 원하는 토크 특성을 달성하도록 제어된다. 그러나, 인가된 임피던스 또는 다른 적절한 모터 입력을 제어할 수 있는 임의의 적절한 메커니즘이 사용될 수 있는 것을 이해하여야 한다. 각 경우에, 반-액티브 모드에서도 출력 토크는 단지 필요할 때 힘을 생성하기 위해 휠 이벤트에 직접적으로 응답하여 제어될 수 있으며, 연속 동작 펌프로부터 시스템에 에너지를 지속적으로 제공하는 것은 필요하지 않다.
- [0051] 반-액티브 현가 시스템의 성능을 에뮬레이팅할 수 있지만, 일부 실시예에서, 전체 액티브 모드에서 유압 작동기를 동작시키는 것이 바람직하다. 이런 실시예에서, 전기 모터와 연계된 제어기는 더 상세히 후술된 바와 같이 힘 속도 도메인의 적어도 세 사분면에서 유압 작동기를 사용하여 제어된 힘을 제공하기 위해 전기 모터의 입력을 제어한다. 그러나, 적어도 하나의 실시예에서, 유압 작동기는 본 내용이 이에 제한되지 않으므로, 모든 4개 사분면에서 제어된 힘을 생성하도록 동작될 수 있다.
- [0052] 도 2는 전체 액티브 현가 시스템에 통합된 유압 작동기의 명령 기구(8)의 대표적 플롯이다. 제1 사분면 I에서, 시스템은 차량 휠의 반동에 대한 반응력에 대응할 수 있는 신장 댐핑을 제공할 수 있다. 제3 사분면 III에서, 시스템은 차량 휠의 압축에 대한 반응력에 대응할 수 있는 압축 댐핑을 제공할 수 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 유압 시스템은 이 에너지가 소산되는 실시예도 가능하지만 사분면 I 및 III의 적어도 일부에서 에너지를 발생하도록 구성될 수 있다. 그러나, 상술한 반-액티브 시스템과는 달리, 시스템은 또한 휠을 아래로 추진하기 위해 힘을 인가하는 것에 대응할 수 있는 액티브 신장 IV 및/또는 자동차 휠을 위로 견인하는 것에 대응할 수 있는 액티브 압축 II에 대응하는 두 개의 잔여 사분면 중 적어도 하나에서 힘을 생성할 수 있다. 이들 사분면에서, 시스템은 원하는 힘을 인가하도록 에너지를 소비할 수 있다. 이 에너지는 예로서, 커패시터나 배터리 같은 에너지 저장 장치 또는 차량으로부터의 전기 에너지; 축압기 또는 유사한 장치 같은 장치로부터의 유압 에너지 저장량; 및/또는 플라이휠 같은 기계적 에너지 저장 수단을 포함하는 임의의 적절한 소스로부터 유입될 수

있다.

- [0053] 상술한 설명의 견지에서, 일부 실시예에서, 힘 속도 도메인의 4개 사분면 중 적어도 셋에서 동작되는 전체 액티브 시스템은 양방향적 에너지 유동을 제공한다. 더 구체적으로, 사분면 I 및 III 에너지는 압축 댐핑 및 신장 댐핑 동안 구동되는 전기 모터에 의해 재생되며, 사분면 II 및 IV 에너지는 전기 모터에 인가되고 전기 모터에 의해 소비됨으로써 유압 작동기를 능동적으로 연장 또는 압축한다. 이런 유압 작동 시스템은 현가 시스템과 통합된 기존의 유압 작동 시스템에 비해 특히 유익할 수 있으며, 그 이유는, 유압 작동기 본체의 다양한 부분으로 그리고 그로부터 유체의 유동을 제어하기 위해 별개의 액티브 제어식 밸브의 사용을 필요로하지 않기 때문이다.
- [0054] 본 명세서에 설명된 바와 같은 유압 작동기의 실시예가 상술한 바와 같이 힘 속도 도메인의 모든 4개 사분면에서 동작할 수 있지만, 유압 작동기에 전달된 에너지는 전기 모터 및 유압 모터-펌프의 동작의 힘, 속도 및 방향에 의해 제어된다. 더구체적으로, 전기 모터 및 유압 모터-펌프와 마찬가지로, 그리고, 다른 연계된 구성요소는 지속적으로 동작 방향을 반전시키고, 하나의 동작 속도로부터 다른 속도로 가속하고, 정지상태로부터 유압 작동기 동작 전반에 걸친 원하는 동작 속도로 진행한다. 결과적으로, 유압 작동기의 응답 시간은 일 동작 상태와 다음 동작 상태 사이의 신속한 전이를 위한 이들 다양한 구성요소의 기능과 연계된 지연을 포함한다. 이는 연계된 유압 작동기를 제어하기 위한 압력 및/또는 유체의 일정한 유동을 포함하는 유압 라인과 연계된 밸브를 간단하게 개방 및 폐쇄하는 시스템에 대한 비교이다. 따라서, 일부 실시예에서, 마찬가지로 다른 장치와 연계된 응답 지연을 고려하면서 원하는 시스템 성능을 달성하기 위해 원하는 응답 시간을 제공하도록 시스템을 설계하는 것이 바람직하다. 다수의 유형의 이벤트가 상술되었지만, 전기 모터 및 유압 모터-펌프의 동작과 연계된 다른 유형의 거동도 가능하다.
- [0055] 신속 응답 시간이 임의의 수의 용례에서 바람직하지만, 더 상세히 후술된 바와 같이, 일 실시예에서, 연계된 유압 작동기, 전기 모터 및 유압 모터-펌프를 포함하는 시스템은 액티브 현가 시스템에서 기능하기 위해 충분히 신속한 응답 시간을 갖도록 설계된다. 이런 실시예에서, 응답 시간은 액티브 현가 시스템이 개별 이벤트에 응답할 수 있도록 선택될 수 있다. 이들 이벤트는 임의의 적절한 제어 입력에 대응할 수 있지만, 일부 실시예에서, 이들 이벤트는 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트이다. 한가지 이런 실시예에서, 센서는 차량의 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트를 감지하도록 구성 및 배열된다. 센서는 현가 시스템에 통합된 유압 작동기의 제어기에 전기적으로 결합된다. 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트의 감지시, 제어기는 유압 모터-펌프에 결합된 전기 모터에 모터 입력을 인가한다. 이는 순차적으로 유압 모터-펌프가 유압 작동기에 힘을 인가함에 따라 유압 작동기 내의 유체의 유동을 직접적으로 제어한다. 따라서, 유압 작동기는 휠 또는 본체 이동 중 어느 하나에서 초래되는 개별 감지된 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트에 응답하여 제어될 수 있다. 더 상세히 후술된 바와 같이, 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트는 통상적으로 0.5 Hz, 2 Hz, 8 Hz 또는 임의의 다른 적절한 주파수보다 큰 주파수에서 동작한다. 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트는 또한 통상적으로 약 20 Hz 마만의 주파수에서 발생한다. 따라서, 일 실시예에서, 현가 시스템에 통합된 유압 작동 시스템은 경계를 포함하여 약 0.5 Hz 내지 20 Hz 사이의 주파수에서 발생하는 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트에 응답하도록 가공된다.
- [0056] 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트가 발생하는 속도의 견지에서, 일부 실시예에서, 유압 시스템의 응답 시간이 이들 이벤트에 시간적으로 적어도 대등한 것이 바람직하다. 일부 실시예에서, 응답 시간이 개별 이벤트에 응답할 때 고려될 수 있는 시스템에 존재하는 다른 지연에 기인하여 개별 이벤트가 발생하는 속도보다 신속한 것이 바람직할 수 있다. 상술한 견지에서, 일부 실시예에서, 유압 시스템의 응답 시간은 약 150 ms, 100 ms, 50 ms 또는 임의의 다른 적절한 시간 주기 미만일 수 있다. 응답 시간은 또한 약 1 ms, 10 ms, 20 ms, 50 ms 또는 임의의 다른 적절한 시간 주기보다 클 수 있다. 예로서, 유압 시스템의 응답 시간은 약 1 ms와 150 ms 사이, 10 ms와 150 ms 사이, 10 ms와 100 ms 사이, 또는 10 ms와 50 ms 사이일 수 있다. 상술한 것들보다 크거나 그보다 작은 응답 시간이 또한 가능하다는 것을 이해하여야 한다. 추가적으로, 상술한 것들 같은 신속한 응답 시간을 나타내는 유압 작동기는 본 내용이 임의의 특정 용례에 한정되지 않으므로 현가 시스템 이외의 용례에 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0057] 본 예에서 더 상세히 설명된 바와 같이, 그리고, 이론에 구속되지 않고, 유압 작동 시스템의 응답 시간은 유압 작동 시스템의 고유 주파수에 비례한다. 따라서, 원하는 응답 시간을 제공하기 위해, 유압 작동 시스템의 고유 주파수는 약 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz 또는 임의의 다른 적절한 주파수보다 클 수 있다. 추가적으로, 고유 주파수는 약 100 Hz, 50 Hz, 40 Hz보다 작을 수 있다. 예로서, 일 실시예에서, 유압 작동 시스템의 고유 주파수는 경계를 포함하여 약 2 Hz와 100 Hz 사이이다.
- [0058] 이론에 얽매이기를 바라지 않고, 유압 작동 시스템의 고유 주파수에 영향을 주는 설계 고려사항은 유압 작동 시

시스템의 컴플라이언스 및 반사 관성을 포함한다. 본 예에서 언급한 바와 같이, 유압 작동 시스템의 고유 주파수는 이하의 공식을 사용하여 규정될 수 있다:

$$2\pi f = \sqrt{\frac{K}{Jn^2}}$$

여기서,  $f$ 는 유압 작동 시스템의 고유 주파수이고,  $1/K$ 는 유압 작동 시스템의 전체 컴플라이언스이고,  $J$ 는 전체 유압 작동 시스템 관성이며,  $n$ 은 유압 작동 시스템의 운동 비율이다. 양  $Jn^2$ 는 유압 작동 시스템 반사 관성이다.

유압 작동 시스템의 반사 관성( $Jn^2$ )은 전기 모터의 회전을 작동기의 선형 운동으로 변환하는 운동 비율( $n$ )의 제곱으로 생산된 작동기의 운동과 로크스텝식으로 회전하는 모든 구성요소의 관성( $J$ )의 회전 모멘트를 포함한다. 예로서, 반사 관성은 로터; 전기 모터와 유압 모터-펌프 사이의 결합 샤프트; 로터, 샤프트 및/또는 펌프와 결합되는 임의의 베어링; 유압 모터-펌프; 및 다른 적절한 구성요소의 관성 모멘트를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 유압 작동 시스템의 운동 비율( $n$ )은 회전 당 유압 모터-펌프의 용적 체적으로 나누어진, 유압 피스톤의 피스톤 로드 둘레의 피스톤의 환형 영역에 의해 특징지어진다. 그러나, 본 기술 분야에 알려진 바와 같이 운동 비율( $n$ )을 형성하는 다른 방식도 고려된다. 선형 운동이 일반적인 또는 유압 모터-펌프의 작동에 응답하여 선형적으로 이동하는 전달 구성요소가 현저한 질량을 갖는 시스템에서, 전체 반사 관성은 또한 선형 이동 구성요소의 질량을 포함할 수 있다.

전체 양( $Jn^2$ )은 또한 그 자체의 회전 관성 모멘트 및 그 자체의 전달 비율( $n$ )을 각각 갖는 피스톤의 운동과 로크스텝식으로 이동하는 다수의 구성요소로 구성될 수 있다. 예로서, 모터 샤프트의 평면내 운동을 구속하는 베어링 시스템은 모터 샤프트의 것과는 다른 각속도로 회전하는 구성요소를 갖는다. 반사 시스템 관성에 대한 그 전체 기여도에 의존하여, 그 각각의 관성 모멘트 및 전달 비율을 사용하여 시스템의 디자인을 위해 사용되는 반사 시스템 관성에서의 이들 기여도를 포함하는 것이 바람직할 수 있다. 예로서, 그리고, 이론에 얽매이는 것을 원하지 않고, 베어링 시스템이 롤러 형 베어링인 경우, 이때, 롤러는 샤프트와 로크스텝식으로, 그러나, 샤프트 자체의 것의 절반과 근접한 각속도로 이동한다. 동시에, 여전히 샤프트와 로크스텝 상태에 있는 동안 개별 롤러는 매우 더 신속한 각속도로 이동한다. 따라서, 이들 구성요소 각각은 그 소유의 관성 모멘트 및 그 소유의 운동 비율을 사용하여 고려될 수 있다.

선형 운동이 일반적인, 그리고, 모터 힘과 작동력 사이의 전달장치가 선형 레버를 사용하는 시스템에서, 모터의 이동 구성요소의 선형 질량은 또한 작동기 단부에서의 운동을 레버의 모터 단부에서의 운동으로 변환하는 그 선형 운동 비율( $n$ )을 통해 고려될 수도 있다. 이러한 개념에서, 수식 ( $Jn^2$ )는 더 일반적으로 작동기에서의 선형 또는 회전 운동을 특정 이동 요소의 선형 또는 회전 운동으로 변환하는 운동 비율의 제곱으로 각각 생산된 모든 이동 질량과 모든 회전 관성 모멘트의 합으로서 의도된다.

유압 작동 시스템 컴플라이언스( $1/K$ )는 유압 작동기의 힘 출력 지점(예를 들어, 작동기의 이동 샤프트)과 전기 모터 사이에 위치한, 그리고, 전기 모터와 직렬인 모든 요소의 컴플라이언스이다. 유압 작동 시스템 컴플라이언스에 대한 다양한 기여도는 유압 작동기의 피스톤과 유압 모터-펌프 사이의 유체 컬럼의 전체 압축성; 호스, 튜브 또는 유압 모터-펌프를 유압 작동기에 연결하는 구조의 유연성; 힘 인가 지점에 대한 유압 작동기의 장착 표면의 유연성; 및 유압 작동 시스템의 전체 컴플라이언스에 기여할 수 있는 다른 적절한 고려사항을 포함할 수 있다. 유압 작동 시스템 컴플라이언스의 역수는 유압 작동 시스템 강성도( $K$ )라는 것을 인지하여야 한다.

상술한 견지에서, 원하는 고유 주파수 및 이에 따른 응답 시간을 제공하기 위해, 유압 작동 시스템은 컴플라이언스와 반사 관성 사이의 상호작용을 사용하여 설계될 수 있다. 더 구체적으로, 유압 작동 시스템의 강성도에 대한 반사 관성의 비율로서 보여질수도 있는 반사 관성과 유압 작동 시스템의 컴플라이언스의 곱( $Jn^2/K$ )은 이하의 디자인 범위에 따라 설계될 수 있다. 일부 실시예에서, 반사 관성과 유압 작동 시스템의 컴플라이언스의 곱은  $6.3 \times 10^{-3} \text{ s}^2$ ,  $1.0 \times 10^{-3} \text{ s}^2$ ,  $2.5 \times 10^{-4} \text{ s}^2$ ,  $6.3 \times 10^{-5} \text{ s}^2$ ,  $2.8 \times 10^{-5} \text{ s}^2$ ,  $1.6 \times 10^{-5} \text{ s}^2$  또는 임의의 다른 적절한 값보다 작을 수 있다. 추가적으로, 반사 관성과 유압 작동 시스템의 컴플라이언스의 곱은  $1.6 \times 10^{-5} \text{ s}^2$ ,  $1.0 \times 10^{-5} \text{ s}^2$ ,  $2.5 \times 10^{-6} \text{ s}^2$  또는 임의의 다른 적절한 값보다 클 수 있다. 예로서, 일 실시예에서, 반사 관성과 유압 작동 시스템의 컴플라이언스 사이의 곱은 경계를 포함하여 약  $2.5 \times 10^{-6} \text{ s}^2$ 과  $6.3 \times 10^{-3} \text{ s}^2$  사이이다. 그러나, 상술한 것들

보다 큰 및 그보다 작은 양자 모두의 값으로 설계된 유압 작동 시스템이 또한 고려될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 상술한 설계 기준을 사용하여, 설계자는 원하는 응답 시간을 제공하도록 시스템의 컴플라이언스와 전달 비율 및 시스템의 다양한 구성요소의 관성을 사용할 수 있다. 임의의 파라미터가 원하는 응답을 획득하도록 변경될 수 있지만, 설계 파라미터는 변환 인자의 자승에 대한 의존성 및 유압 작동 시스템의 컴플라이언스와 구성요소의 관성에 대한 선형 의존성을 갖는다는 것을 언급할 필요가 있다. 결과적으로, 변환 인자의 변화는 시스템의 전체 응답의 대응적 더 큰 변화를 제공할 수 있다. 유압 작동 시스템을 설계하는 이들 파라미터의 상호작용의 예는 본 예에서 더 상세히 제공된다.

[0066] 유압 작동 시스템의 적절한 응답 시간을 제공하는 것에 추가하여, 일부 실시예에서, 본체 및/또는 휠 이벤트 같은 제어 이벤트의 주파수보다 크거나 그와 유사한 주파수로 유압 작동 시스템을 제어하는 것이 바람직하다. 도 3은 차량의 휠 이동(12) 및 본체 이동(10)의 전형적 주파수와 연계된 본체 제어 및 휠 제어 주파수 대역과 모터 토크 갱신(14)과 관련시키는 주파수 플롯을 도시한다. 통상적 승용차에 대하여, 비록 이 대역을 초과한 더 높은 주파수의 본체 이동이 양호할 수 있지만, 본체 이동(10)은 0 Hz와 4 Hz 사이에서 발생한다. 휠 이동은 종종 8 Hz와 20 Hz 사이에서 발생하며, 대략 약 10 Hz 주변에 중심설정된다. 그러나, 본체 및 휠 이동 주파수는 차량간에, 그리고, 도로 조건에 기초하여 다르다는 것을 이해하여야 한다. 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트는 휠 및/또는 본체 이동을 유발하는 휠 또는 본체로의 임의의 입력으로서 규정될 수 있다(조향 입력의 결과 포함). 주파수 관점으로부터, 휠 이벤트 및 본체 이벤트는 종종 대략 0.5 Hz 이상에서 발생하고(16 참조), 1000 Hz를 초과한 주파수에서도 발생할 수 있다. 결과적으로, 모터 입력 갱신 주파수는 0.5 Hz 만큼 낮은 주파수로부터 심지어 가능하게는 1,000 Hz보다 더 큰 주파수까지 변할 수 있다(14 참조). 기능적 견지에서, 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트(하나 이상의 센서에 의해 측정된 바와 같이)에 응답하여 모터 토크 같은 명령된 모터 입력의 임의의 변화는 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트에 대한 응답으로서 고려될 수 있다.

[0067] 상술한 견지에서, 일부 실시예에서, 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트가 발생하는 주파수와 유사하거나 더 큰 주파수에서 유압 작동기가 제어되는 것이 바람직하다. 따라서, 적어도 하나의 실시예에서, 제어기는 유압 작동기를 동작시키기 위해 사용되는 전기 모터에 전기적으로 결합되고, 제어기는 개별 본체 이벤트 및/또는 휠 이벤트보다 신속한 속도로 전기 모터의 모터 입력을 갱신한다. 모터 입력은 약 0.5 Hz, 2 Hz, 8 Hz, 20 Hz 또는 제어기 및 연계된 전기 모터가 동작할 수 있는 임의의 적절한 주파수보다 큰 주파수로 갱신될 수 있다. 일부 실시예에서, 모터 입력은 약 1 kHz보다 작은 주파수로 갱신될 수 있지만, 다른 주파수도 가능하다. 따라서, 일 예시적 실시예에서, 모터 입력은 경계를 포함하여 약 0.5 Hz와 1 kHz 사이의 주파수로 제어된다.

[0068] 일 예시적 실시예에서, 제어 시스템은 비록 다른 주파수가 가능하지만, 모터 토크 같은 모터 입력을 10 Hz로 갱신되도록 명령한다. 각 갱신시, 명령된 모터 입력은 작동기가 본체 속도에 대항한 힘을 생성하도록 스케일링 인자(k)로 승산된 현재 수직 본체 속도(소프트웨어 적분기를 통해 입력된 본체 가속)가 되도록 설정된다. 이런 실시예는 차량의 본체 제어를 개선시킬 수 있다. 휠 제어에 관한 다른 실시예에서, 모터 토크 같은 명령된 모터 입력은 현재 작동기 속도(휠과 본체 사이의 차등 이동)가 되고 이동을 상쇄하기 위해 인자(k)로 승산되도록 설정된다. 여기서, 시스템은 댐퍼와 매우 유사하게 응답한다. 상술한 실시예는 전체 차량 제어를 제공하기 위해 휠 제어 및 본체 제어 양자 모두를 제공하도록 함께 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 다른 실시예에서, 명령된 모터 입력은 0.5 Hz 같은 더 느린 속도 또는 1 kHz 같은 더 빠른 속도로 갱신된다. 더 복잡한 제어 시스템도 전술한 바와 같이 본체 가속 대신 또는 그에 추가로 다른 센서 데이터를 사용할 수 있으며, 본 내용이 이에 한정되지 않으므로, 비례적, 적분, 미분 또는 더 복잡한 피드백 제어 체계를 포함할 수 있다.

[0069] 도 4는 전체 액티브 작동기로서 힘 속도 도메인의 모든 4개 사분면에서 동작될 수 있는 유압 작동기(100)의 일 실시예를 도시한다. 피스톤 로드(104)와 피스톤 헤드(106)를 포함하는 피스톤은 유체 충전된 하우징(102) 내에 배치된다. 피스톤의 이동시, 하나 이상의 동심 유체 유동 튜브(122) 또는 다른 적절한 연결을 통해, 피스톤 헤드(106)는 유체를 피스톤 헤드의 일 측부에 배치된 신장 체적(110)과 피스톤 헤드의 대향 측부 상에 위치한 압축 체적(108)의 내외로 유체를 추진한다. 유체 유동 튜브(122) 또는 다른 적절한 연결 또는 포트 배열은 유압 모터-펌프(114)에 연결된다. 따라서, 유압 모터-펌프(114)는 도면에 화살표로 표시된 바와 같이 유압 작동기의 압축 체적(108) 및 신장 체적(110)과 유체 연통한다. 유압 모터-펌프(114)는 적절한 커플링(118)을 거쳐 전기 모터(116)에 작동식으로 결합된다.

[0070] 특정 실시예에 따라서, 전기 모터(116) 및/또는 유압 모터-펌프(114)는 본 내용이 이에 한정되지 않기 때문에 유압 작동기(100) 상에 배치되거나, 그와 통합되거나 그로부터 원격 배치될 수 있다. 대안적으로, 본 명세서의 임의의 위치에서 설명된 바와 같이, 유압 모터-펌프(114), 전기 모터(116) 및 커플링(118)은 개별적으로 동작되는 밸브를 필요로하지 않고 유압 작동기의 압축 체적과 신장 체적 사이의 유체 유동을 제어할 수 있는 단일 스



마트 밸브에 통합될 수 있다. 그러나, 별개의 밸브를 포함하는 실시예가 고려된다. 본 내용이 이에 한정되지 않으므로, 예로서, 유압 모터-펌프의 포트 또는 출구와 유압 작동기의 신장 체적 및 압축 체적 사이의 유체 연결은 임의의 밸브 없이 직접 연결될 수 있거나, 하나 이상의 밸브가 모터-펌프로부터 작동기로의 유동 경로 사이에 위치될 수 있다. 추가적으로, 더 상세히 후술된 바와 같이, 하나 이상의 밸브가 또한 유압 작동기의 압축 체적과 신장 체적 사이에 위치될 수 있다.

[0071] 임의의 유압 모터-펌프, 전기 모터 및 커플링이 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예로서, 유압 모터-펌프는 예로서, 제로터, 베인 펌프, 내부 또는 외부 기어 펌프, 게롤러(gerolor), 고 토크/저속 제로터 모터, 터빈 펌프, 원심 펌프, 축류 피스톤 펌프 또는 굴곡 축 펌프를 포함하는 유압 펌프 또는 유압 모터로서 기능할 수 있는 임의의 장치일 수 있다. 유압 모터-펌프가 제로터인 실시예에서, 조립체는 내부 및 외부 제로터 요소 사이의 누설 및/또는 백래시를 감소시키도록 루트 및/또는 팁 유극이 쉽게 조정될 수 있도록 구성될 수 있다. 그러나, 제로터가 조정가능한 루트 및/또는 팁 유극을 포함하지 않는 실시예도 고려된다.

[0072] 상술한 바에 추가로, 전기 모터(116)는 3상 영구 자석 동기 모터 같은 브러시리스 DC 모터, 브러시 DC 모터, 유도 모터, 다이아모 또는 전기를 회전 운동으로 및/또는 그 반대로 변환할 수 있는 임의의 다른 유형의 장치를 포함하는 임의의 적절한 장치일 수 있다. 그러나, 일부 실시예에서, 전기 모터는 엔진 구동식 유압 모터-펌프에 의해 대체될 수 있다. 이런 실시예에서, 높은 액티브 작동기 힘이 필요하지 않으면서 엔지 부하를 감소시키기 위해 전자 제어식 클러치 또는 압력 바이패스를 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 전기 모터의 모터 입력을 급속 제어하는 것과 유사하게(예를 들어, 전기 모터의 급속 토크 변화), 유압 모터 구동부(전자 클러치, 전자 제어식 유압 바이패스 밸브 등 중 어느 하나를 통해)는 시스템의 에너지 사용량을 조정하기 위해 휠 이벤트 당 기반으로 급속 제어될 수 있다.

[0073] 유압 모터-펌프 및 전기 모터의 다양한 유형에 추가로, 전기 모터와 유압 펌프-모터 사이의 커플링(118)은 임의의 적절한 커플링일 수 있다. 예로서, 단순한 샤프트가 사용될 수 있거나, 시스템의 동역학적 전달 특성을 변경하기 위한 클러치(속도, 전자식, 방향적 또는 다른 방식으로 제어됨), 스프링 핀 같은 충격 흡수 장치, 완충/댐핑 장치, 상술한 바의 조합 또는 유압 모터-펌프에 전기 모터를 결합할 수 있는 임의의 다른 적절한 배열 같은 하나 이상의 장치를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 응답 시간을 감소시키기 위해, 전기 모터와 유압 모터-펌프 사이에 비교적 강성적인 커플링(118)을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 한 가지 이런 실시예에서, 짧은, 긴밀하게 결합된 샤프트는 전기 모터를 유압 모터-펌프에 연결하기 위해 사용된다. 특정 실시예에 따라서, 샤프트에 대한 유압 모터-펌프의 결합은 또한 이들 사이의 백래시를 감소시키도록 스프링 핀 및/또는 구동 키이 특징부를 포함할 수 있다.

[0074] 에너지가 전기 모터(116)의 단자에 인가될 때, 커플링(118)은 유압 모터-펌프(114)에 출력 운동을 전달한다. 일부 실시예에서, 유압 모터-펌프(114)와 전기 모터(116)는 또한 역구동될 수도 있다. 따라서, 연계된 유압 작동기로부터 인가된 압력에 기인한 유압 모터-펌프의 회전은 전기 모터(116)의 출력 샤프트를 회전시키도록 커플링(118)을 거쳐 전달될 수 있다. 이런 실시예에서, 전기 모터는 에너지를 재생하기 위해 유압 모터-펌프에 의한 전기 모터의 회전이 사용될 수 있는 경우 발전기로서 사용될 수 있다. 이런 실시예에서, 전기 모터의 유효 임피던스는 예로서, 제공된 댐핑 힘과 회수된 에너지의 양을 제어하기 위해 다수의 서로 다른 부하 중에서 펄스 폭 변조를 포함하는 임의의 적절한 방법을 사용하여 제어될 수 있다.

[0075] 상술한 견지에서, 전기 모터(116) 및/또는 유압 모터-펌프(114)의 동작은 다양한 동작 모드 동안 피스톤 로드(104)의 이동을 초래하는 유압 모터-펌프를 통한 신장 체적 및 압축 체적 사이의 유체의 이동을 초래한다. 더 구체적으로, 제1 모드에서, 제1 방향으로의 유압 모터 펌프(114)의 회전은 신장 체적(110)으로부터의 유체를 하나 이상의 유체 유동 튜브(122) 및 유압 모터-펌프(114)를 통해 압축 체적(108)으로 밀어 넣는다. 유체의 이러한 유동은 피스톤 헤드(106)의 제1 측부에 인가된 압축 체적의 압력을 증가시키고 피스톤 헤드(106)의 제2 측부에 인가된 신장 체적의 압력을 저하시킨다. 이러한 압력차는 작동기를 연장시키기 위해 피스톤 로드(104) 상에 힘을 인가한다. 제2 모드에서, 유체가 압축 체적(108)으로부터 신장 체적(110)으로 유체가 이동되도록 제2 방향으로 유압 모터(114)가 회전한다. 상술한 바와 유사하게, 유체의 이러한 유동은 피스톤 헤드(106)의 제2 측부에 인가된 신장 체적(110)의 압력을 증가시키고, 피스톤 헤드(106)의 제1 측부에 인가된 압축 체적(108)의 압력을 저하시킨다. 이 압력차는 작동기를 압축 또는 수축시키도록 피스톤 로드(104)에 힘을 인가한다. 또 다른 동작 모드에서, 유압 모터(114)는 피스톤 로드(104)에 댐핑 힘을 제공하도록 신장 체적(110)과 압축 체적(108) 사이의 유체 이동에 맞선다.

[0076] 상술한 견지에서, 유압 모터-펌프에 의해 제공되는 압력에 의해 생성된 힘(유압 모터-펌프 상에 작용하는 전기

모터로부터의 토크에 의해 유발됨)이 피스톤 로드(104)에 인가된 힘을 극복하기에 충분할 때, 유압 작동기는 능동적으로 구동된다. 대조적으로, 유압 모터-펌프에 의해 제공되는 압력에 의해 생성되는 힘이 피스톤 로드(104) 상에 작용하는 힘 미만일 때, 유압 작동기는 역구동되고 댐핑력을 받게 될 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 유압 모터-펌프는 역구동되도록 구성 및 배열된 포지티브 용적 유압 모터이다. 역구동될 수 있는 전기 모터와 유압 모터-펌프를 포함하는 일 실시예가 상술되어 있지만, 유압 작동 시스템이 역구동가능하지 않은 실시예도 고려된다. 추가로, 일부 실시예에서, 보조 패시브 또는 전자 밸브가 유압 작동 시스템에 포함되며, 이 유압 작동 시스템은 특정 모드에서 전기 모터 이동으로부터 피스톤 이동을 분리시킨다(즉, 피스톤 헤드의 이동은 전기 모터의 즉시적이고 상관된 이동을 생성하지 못할 수 있다).

[0077] 유체 충전된 하우징(102)의 유체 체적이 피스톤(104)이 하우징에 진입 및 진출함에 따라 변하기 때문에, 도 3의 실시예는 피스톤 로드 체적을 수용하기 위해 축압기(112)를 포함한다. 일 실시예에서, 축압기(112)는 유압 유체로부터 밀봉된, 하우징을 이동시킬 수 있는 부유 피스톤을 갖는 질소 충전된 챔버이다. 내부 축압기가 도시되어 있지만, 본 내용이 이에 한정되지 않으므로 외부적으로 위치된 축압기를 포함하는 하우징(102) 내에 존재하는 유체 체적의 변화를 수용할 수 있는 임의의 적절한 구조, 장치 또는 압축가능한 매체가 사용될 수 있다.

[0078] 도 4에 도시된 실시예는 다수의 다양한 유체 유동 경로를 수용하도록 구성될 수 있으며, 유압 모터-펌프와 하우징의 다양한 부분 사이에 유체 유동을 제공하는 임의의 특정 배열 또는 방법에 한정되지 않는다. 예로서, 일 실시예에서, 유체 유동 튜브(122)는 파이프 또는 유압 호스일 수 있다. 다른 실시예에서, 유체 유동 튜브(122)는 트리플 튜브 댐퍼의 세 개의 튜브 각각 사이의 동심 영역 또는 트윈 튜브 댐퍼의 내부 튜브와 외부 튜브 사이의 동심 영역일 수 있다. 상술한 실시예에서, 유체는 유압 모터-펌프를 통해 양방향으로 유동할 수 있다. 모노튜브 댐퍼 구조가 사용되는 실시예에서, 예로서, 35 bar를 초과하는 고도의 가스 예비 충전이 사용되어 유압 유체 강성도를 증가시키고 따라서 랙 및 지연을 감소시킬 수 있다. 다른 실시예에서, 25 bar 정도 또는 임의의 다른 적절한 압력의 가스 예비 충전이 사용될 수 있다. 유압 작동기는 또한 McPherson 스트러트 구성 및 댐퍼 본체; 진동 댐퍼 내부에 전용 공기 수집 영역을 필요로 하지 않는 충전 등 동안에 도입될 수 있는 공기를 제거하기 위한 탈기 장치; 댐퍼 피스톤 로드 및/또는 피스톤 헤드를 위한 고압 밀봉부; 저가 저 관성 부유 피스톤 튜브(예를 들어, 모노튜브) 등을 포함하지만 그에 한정되지 않는 다양한 댐퍼 튜브 기술과 유익하게 조합될 수도 있다.

[0079] 도 5는 액티브 현가 시스템일 수 있는 현가 시스템 내에 통합된, 유압 작동기(100), 유압 모터-펌프(114) 및 전기 모터(116)를 포함하는 현가 시스템 내에 통합된 유압 작동 시스템의 일 실시예를 제공한다. 현가 시스템은 휠(128)에 연결되며 차량의 휠 웰 내에 위치된다. 도면에 도시된 바와 같이, 작동 시스템은 댐퍼가 통상적으로 배치되는 위치에 위치되며, 하부(130) 및 상부(132) 현가 부재 사이에서 현가 시스템에 결합되도록 구성 및 배열된다. 다른 구성이 가능하지만, 상부 및 하부 현가 부재는 현가 시스템의 상부 상단 장착부 및 하부 제어 아암일 수 있다. 도면에 도시된 바와 같이, 유압 작동기 하우징(102)은 피스톤과 유압 작동기의 일 측부 상의 하부 현가 부재(130)에 연결되고, 피스톤 로드(104)는 유압 작동기의 대향 측부 상에서 상부 현가 부재(132)에 연결된다. 그러나, 유압 작동기는 마찬가지로 대향 방향으로 배향될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 추가적으로, 유압 작동기와 현가 부재 사이의 연결은 예로서 부싱을 포함하는 임의의 적절한 연결에 대응할 수 있다. 일부 실시예에서, 작동기 이동과 연계된 노이즈 및 공진 진동을 감소시키도록 구성된 부싱이 사용될 수 있다. 상술한 바와 유사하게, 유압 작동기(100)는 또한 전기 모터(116) 및 유압 모터-펌프(114)에 작동식으로 연결된다. 도면에 도시된 바와 같이, 유압 모터-펌프 및 전기 모터는 유압 작동기에 연결되거나 그와 통합될 수 있다. 도시된 실시예에서, 유압 모터-펌프(114) 및 전기 모터(116)는 현가 부재(130, 132) 사이에 위치된다. 그러나, 유압 모터-펌프(114) 및/또는 전기 모터가 유압 작동기(100)로부터 원격 배치되는 실시예도 고려된다.

[0080] 도면에 예시된 바와 같이, 일부 실시예에서, 스프링(124)은 피스톤 로드(104) 둘레에 동축으로 배치되고, 유압 작동기 본체(102)와 상부 현가 부재(132) 사이에서 연장한다. 따라서, 스프링은 압축의 양에 따른 힘을 상부 현가 부재(132)에 인가한다. 이런 구성에서, 스프링(124)은 유압 작동기에 병렬로 위치된다. 그러나, 스프링이 유압 작동기와 직렬로 위치되는 실시예가 또한 고려된다. 예로서, 스프링은 피스톤 로드(104)와 상부 현가 부재(132) 사이에 또는 유압 작동기 하우징(102)과 하부 현가 부재(130) 사이에 위치될 수 있다. 스프링이 유압 작동기와 직렬로 위치될 때, 별개의 작동기 및/또는 댐퍼가 유압 작동기와 직렬로, 그리고, 스프링과 병렬로 배치될 수 있다.

[0081] 실시예에 따라서, 유압 작동기는 유압 작동기 하우징(102)과 통합된 하나 이상의 패시브 및/또는 전자 제어식 밸브(126)를 포함할 수 있다(도 5 참조). 유압 작동기와 연계될 수 있는 유형의 밸브는 프로그래시브 밸브, 단단 밸브, 가요성 디스크, 디스크 스택, 진폭 의존 댐핑 밸브, 체적 가변 챔버 밸브, 유압 펌프와 직렬 또는 병

렬로 배치된 비례 솔레노이드 밸브, 피스톤 로컬 챔버와 보상 챔버 사이에서 유압 유체를 소통하기 위한 전자기 조절 밸브 및 조절가능한 제한 밸브를 갖는 압력 제어부 중 적어도 하나를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 추가적으로, 유체 유동에 관련한 노이즈를 감소시키기 위한 무음화 덕트를 형성하기 위한 배플 판이 사용될 수 있다. 유압 모터-펌프를 지나친 신장 체적과 압축 체적 사이의 유체 유동의 일부를 전향시키도록 구성 및 배열된 다이버터 밸브는 또한 유압 모터-펌프에 인가된 압력, 유동 및/또는 에너지의 양 중 어느 하나를 한정하기 위해 사용될 수도 있다. 실시예에 따라서, 유압 작동기 힘은 하나 이상의 밸브(126)에 의해 적어도 부분적으로 제어될 수 있다. 추가적으로, 하나 이상의 밸브(126)는 압력 작동, 관성 작동, 가속 작동 및/또는 전자 제어될 수 있다.

[0082]

상술한 액티브 현가 시스템은 또한 임의의 수의 다른 연계된 구성요소 및/또는 변경을 통합할 수 있다. 예로서, 일 실시예에서, 액티브 현가 시스템은 반전된 작동기, 텔레스코핑 작동기, 공기 스프링, 자가 펌핑 탑승 높이 조정 장치 및/또는 다른 적절한 장치 중 적어도 하나와 통합된다. 추가적으로, 유압 작동 시스템은 작동기 본체와 제어/전자장치 사이의 열적 격리; 전자장치의 기류 냉각; 및 다른 적절한 열적 관리 장치 및/또는 방법 같은 다양한 유형의 열적 관리를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 유압 작동 시스템은 유압 모터-펌프 및 전기 모터를 포함하는 스마트 밸브 또는 별개의 유압 모터-펌프와 전기 모터 조합에 대한 연결을 위한 적절한 연결을 포함한다. 임의의 적절한 연결이 사용될 수 있지만, 일 실시예에서, 연결은 차량 배선 하네스, 외부 장착식 파워 스위치 및 다른 적절한 파워 및/또는 제어 소스에 대한 연결을 위한 직접 배선, 가요성 케이블 및/또는 하나 이상의 모듈식 커넥터에 대응한다.

[0083]

상술한 바와 같이, 일부 실시예에서, 유압 작동 시스템은 휠 당 및/또는 본체 이벤트 기반으로 응답할 수 있다. 따라서, 유압 작동을 제어하는 전기 모터에 대한 모터 입력은 이벤트가 발생하는 주파수 이상의 갱신 속도로 변하거나 감지된 이벤트에 직접적으로 응답하여 발생하는 것이 바람직하다. 도 6은 이런 유압 작동 시스템을 제어하기 위한 포괄적 제어 구조를 예시한다. 특정 실시예에 따라서, 본 내용이 이에 한정되지 않으므로, 다양한 구성요소는 별개로 제공될 수 있거나 이들 중 하나 이상이 함께 통합 또는 부착될 수 있다. 도시된 실시예에서, 유압 작동 시스템은 전자 제어기(200)를 포함한다. 일부 실시예에서, 제어기는 단일 휠과 연계된 액티브 현가 시스템을 제어하도록 구성된 코너 제어기이다. 도면에 도시된 바와 같이, 제어기는 전기 모터(116)에 전기적으로 결합되며, 전기 모터는 현재 실시예에서 인코더를 갖는 3상 전기 모터이다. 이런 실시예의 한 가지 가능한 전기적 토폴로지는 3상 브리지를 포함하며, 각 모터 페이즈가 두 개의 직렬 MOSFET 사이의 접합부에 연결되는 6개 MOSFET 트랜지스터를 갖는다. 이런 실시예에서, 고위측 MOSFET는 전압 레일에 연결되고, 저위측 MOSFET는 접지에 연결되며, 제어기는 116을 위한 모터를 구동하기 위해 각 MOSFET의 게이트로의 제어 신호를 급속 펄스폭 변조한다. 그러나, 인코더 대신 예로서 센서리스 제어를 포함하는 다른 유형의 전기 모터 및 제어 방법이 또한 사용될 수 있다.

[0084]

제어기(200)는 전기 모터(200)의 모터 입력, 그리고, 이에 따른 유압 작동기의 모터 입력을 제어하는 방식을 결정하기 위해 다양한 서로 다른 정보 소스에 대응하는 하나 이상의 입력(202)으로부터 신호를 수용하도록 구성된다. 이들 센서는 개별 휠 이벤트, 본체 이벤트 및/또는 다른 관련 정보를 감지하는 것에 관련된 정보를 제공할 수 있다. 제어기(200)는 유압 작동기와 통합되거나 유압 작동기 상에 배치된 센서로부터 또는 유압 작동기에 대해 외부에 있는 센서로부터 입력을 수신할 수 있다. 유압 작동기에 대해 외부에 위치된 센서는 유압 작동기에 지정된 센서일 수 있거나 본 내용이 이에 한정되지 않으므로 이들은 차량 본체와 통합된 센서일 수 있다. 상술한 센서는 이하의 센서 구조 중 하나 이상에 대응한다: 휠 가속 감지; 본체 가속 감지, 유체 압력 감지; 위치 감지; 스마트 밸브 위치 감지; 모터 위치 감지; 다중센서 전체 차량 감지; 중앙화된 관성 측정 유닛 센서 구조; 차량 CAN 버스, 휠과 연계된 하나 이상의 센서(예를 들어, 가속계) 및 굴대와 연계된 하나 이상의 센서(예를 들어, 가속계). 다른 실시예에서, 제어기(200)에 의해 수신된 입력은 하나 이상의 다른 제어기 및 유압 작동기와 연계된 중앙 제어기로부터 신호이고, 다른 본체 이벤트, 휠 이벤트 또는 중앙 제어기에 입력되거나 다른 제어기에 의해 감지된 다른 관련 정보에 관련한 정보를 제공할 수 있다.

[0085]

일 특정 실시예에서, 제어기(200)에 의해 수신된 입력은 전기 모터의 속도 및/또는 위치를 감지하는 로터 위치 센서로부터의 정보를 포함한다. 이 센서는 직접적으로 또는 간접적으로 전기 모터에 작동식으로 결합될 수 있다. 예로서, 모터 위치는 자기 또는 광학 인코더를 사용하여 접촉 없이 감지될 수 있다. 다른 실시예에서, 로터 위치는 유압 펌프 위치를 측정함으로써 측정될 수 있고, 이 유압 펌프 위치는 전기 모터 위치에 관하여 상대적으로 고정될 수 있다. 이 로터 위치 또는 속도 정보는 전기 모터에 연결된 제어기에 의해 사용될 수 있다. 위치 정보는 모터 정류(예를 들어, 브러시리스 DC 모터에서); 작동기 속도 추산(실질적으로 포지티브 용적 펌프를 갖는 시스템에 대해 로터 속도의 함수일 수 있음); 압력 동요 및 리플의 전자 소거; 및 작동기 위치 추산(실



질적 포지티브 용적 펌프를 갖는 시스템에 대해 로터 속도의 함수일 수 있음) 같은 다양한 목적을 위해 사용될 수 있다. 이론에 구속되지 않고, 그에 결합된 회전 위치 센서와 전기 모터 및/또는 유압 펌프를 포함하는 액티브 현가장치를 결합시키는 것에 의해, 시스템은 더욱 정확하게, 그리고, 효율적으로 제어될 수 있다.

[0086] 입력(202)의 다른 가능한 실시예는 글로벌 위치확인 시스템(GPS) 데이터, 자가 구동 파라미터, 차량 모드 설정(즉, 캐적/스포츠/에코), 드라이버 거동(예를 들어, 스톱 및 조향 입력이 얼마나 공격적인지), 본체 센서(가속계, 관성 측정 유닛, 차량 상의 다른 장치로부터의 자이로스코프), 안전 시스템 상태(예를 들어, ABS 제동 결부, 전자 안정화 프로그램 상태, 토크 벡터링, 에어백 전개) 및 다른 적절한 입력 같은 정보를 포함한다. 예로서, 일 실시예에서, 현가 시스템은 GPS 온보드 차량과 인터페이싱할 수 있으며, 차량은 도로 조건과 GPS 위치를 상관시키는 맵을 포함할 수 있다(국지적으로 또는 네트워크 접속을 통해). 이러한 실시예에서, 액티브 현가장치는 차량의 위치에 응답하여 현가장치를 조절하기 위해 예측적 형태로 반응하도록 현가장치 내에서 유압 작동 시스템을 제어할 수 있다. 예로서, 속도 범프의 위치가 알려진 경우, 작동기는 충격 직전에 휠을 들어올리기 시작할 수 있다. 유사하게, 언덕 같은 지세적 특징부가 더 양호하게 인식될 수 있고, 시스템은 이에 따라 응답할 수 있다. 민간 GPS가 그 해상도 및 정확도가 제한적이기 때문에, GPS 데이터는 더 정확한 위치 추산 및/또는 임의의 다른 적절한 장치를 제공하기 위해 Kalman 필터 같은 필터를 사용하여 관성 측정 유닛(또는 가속계) 같은 다른 차량 센서와 조합될 수 있다.

[0087] 차량의 다른 센서 및 시스템과 액티브 현가장치를 통합함으로써, 탑승 동역학은 다수의 소스로부터의 예측적이고 반응적인 센서 데이터를 사용함으로써 개선될 수 있다(전체 시스템에 대한 더 큰 정확도를 제공하기 위해 조합 및 사용될 수 있는 중복적 소스를 포함한다). 추가적으로, 액티브 현가장치는 그 성능을 개선시키기 위해 안전 시스템 같은 다른 시스템에 명령을 전송할 수 있다. CAN(제어기 지역 네트워크) 및 FlexRay 같은 서브시스템 사이에서 이 데이터를 통신하기 위해 몇몇 데이터 네트워크가 존재한다.

[0088] 다수 유형의 센서 및 제어 배열이 상술되었지만, 본 내용이 이에 한정되지 않으므로, 다른 적절한 유형의 입력, 센서 및 제어 체계도 고려되는 것으로 이해되어야 한다. 도 6에 표시된 입력(202)은 또한 몇몇을 들자면 예로서, 전기 모터 속도를 측정함으로써 작동기 속도를 계산하는 것 및 전기 모터 전류를 측정함으로써 작동기 힘을 계산하는 것을 포함하는 전기 모터로부터 유도된 정보를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 입력(202)은 이벤트 발생 이전에 유압 작동기의 제어를 조절하기 위해 전방 휠로부터 정보를 수신하는 차량의 후방 차축 상의 작동기와 연계된 제어기 같은 록-어헤드 센서로부터의 정보를 포함한다.

[0089] 도 6의 시스템 레벨 실시예에서, 에너지는 현가 전기 버스(204) 상의 제어기의 내외로 유동한다. 교류 전류를 사용하는 실시예가 또한 고려되지만 현가 전기 버스(204)는 직류 전류일 수 있다. 도 6에 도시되어 있지 않지만, 일 실시예에서, 다수 작동기(100) 및 제어기(200)는 공통 현가 전기 버스(204)를 공유한다. 이 방식에서, 작동기 및/또는 제어기 쌍이 재생 에너지인 경우, 다른 쌍은 이 재생된 에너지를 소비할 수 있다. 일부 실시예에서, 현가 전기 버스(204)의 전압은 48 볼트, 380 볼트 또는 임의의 다른 적절한 전압 같은 차량의 전기 시스템의 것보다 높은 전압( $V_{high}$ )에서 유지된다. 이론에 구속되지 않고, 이런 실시예는 잠재적 비용, 중량 및 통합 장점을 제공하는 더 낮은 전류를 갖는 더 작은 배선의 사용을 가능하게 할 수 있다. 다른 실시예에서, 이 전압은 DC-DC 컨버터(206)에 대한 필요성을 제거 또는 감소시킬 수 있는 차량의 전기적 시스템 전압(12, 24 또는 48 볼트)과 실질적으로 유사하다. 그러나, 일부 실시예에서, 슈퍼 커패시터에 대한 필요성을 감소시키기 위해 차량의 전기적 시스템보다 낮은 전압( $V_{low}$ )을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0090] 도 6의 실시예에서, 현가 전기 버스(204)는 양방향 DC-DC 컨버터(206)를 통해 차량의 전기적 시스템(210) 및 차량의 에너지 저장부(212), 예로서 주 배터리 또는 다른 적절한 에너지 저장부와 인터페이싱한다. 적절한 양방향 컨버터는 갈바닉 격리 및 비갈바닉 격리 컨버터 양자 모두를 포함한다. 그러나, 차량의 전기 시스템(210)과 현가 전기 버스(204) 사이에서 전기 신호를 변환할 수 있는 다른 장치가 사용될 수 있다. 소수의 가능한 기술은 동기식 벽 컨버터(프리휠링 다이오드가 트랜지스터로 대체됨), 각 측부 상에 급속 스위칭 DC/AC 컨버터를 갖는 변압기 및 공진 컨버터와 다른 적절한 장치를 포함한다.

[0091] 현대의 차량은 통상적으로 온보드 장치로부터 재생성 전기 에너지를 수용하도록 그리고 온보드 장치에 다량의 에너지를 전달하도록 그 용량이 제한된다. 이론에 구속되지 않고, 전자에서, 재생된 에너지는 차량의 전기적 시스템 전압이 허용가능한 것보다 높게 상승하게 할 수 있고, 후자에서, 큰 파워 흡인이 차량에 대한 부족전압 상태 또는 전압 블로וא아웃을 유발할 수 있다. 액티브 현가장치에 충분한 파워를 전달하기 위해, 또는 최대량의 재생된 에너지를 포착하기 위해, 현가 시스템 자체와 연계된 에너지 저장부의 형태가 사용될 수 있다. 에너지 저장부는 충전 제어기, 울트라 커패시터 또는 다른 형태의 전기적 에너지 저장부를 갖는 리튬 이온 배터리

같은 배터리의 형태일 수 있다. 도 6의 실시예에서, 하나 이상의 울트라 커패시터(208)의 음 단자는 차량 전기 시스템(212)의 양 단자에 접속되고, 양 단자는 차량 전기 시스템 전압보다 높은 전압에서 운용되는 현가 전기 버스(204)에 접속된다. 이런 실시예에서, 부분 버스 상에 위치한 울트라 커패시터 또는 다른 적절한 저장 장치는 휠 모멘트를 효과적으로 제어하고 댐핑 동안 에너지를 재생하기 위해(양방향 에너지 유동) 그리고 전체 차량 전기 시스템에 대한 이런 현가 시스템의 영향을 제한하기 위해 재생성 및/또는 예상된 소비 스파이크를 수용하도록 크기설정될 수 있다. 그러나, 상술한 바와 같이, 예로서, 에너지 저장부가 직접적으로 현가 전기 버스 또는 차량 전기 시스템 상에 배치될 수 있는 것을 포함하는 다른 실시예도 가능하다.

[0092] 슈퍼 커패시터(208) 또는 다른 적절한 장치 및 차량 에너지 저장 장치(212) 상에 국지적으로 재생된 에너지를 저장하기 위한 기능에 기인하여, 상술한 실시예는 재생된 에너지에 의해 자체 파워공급되거나 적어도 부분적으로 자체 파워공급될 수 있다. 몇몇 장점은 자체 파워공급 구조와 액티브 현가장치를 조합함으로써 달성될 수 있다. 액티브 현가장치는 파워 버스 고장의 고장 내성일 수 있으며, 시스템은 버스 고장에 의한 제어된 댐핑의 경우에도 여전히 댐핑을 제공할 수 있다. 다른 장점은 차량 상의 설치된 OEM 또는 사후시장일 수 있으며 어떠한 배선 또는 파워 접속도 필요로하지 않는 개장가능한 반-액티브 또는 완전 액티브 현가장치에 대한 가능성이다. 이런 시스템은 차량 CAN 같은 유선 연결을 통해서 또는 무선적으로 각 작동기 장치와 통신할 수 있다. 시스템에 파워공급하기 위한 에너지는 댐핑으로부터 회수 소산 에너지를 통해 얻어질 수 있다. 이는 용이한 설치 및 더 낮은 비용의 장점을 갖는다. 다른 장점은 이런 시스템이 에너지 효율적 액티브 현가장치로서 기능할 수 있다는 것이다. 더 구체적으로, 액티브 현가장치에서의 재생된 에너지를 사용함으로써, DC/DC 컨버터 손실은 최소화될 수 있으며, 그래서, 회수된 에너지는 차량으로 다시 전달되지 않고, 오히려, 저장되며 그후 추후 시기에 현가장치에서 직접적으로 사용된다. 상술된 바와 같이, 에너지가 차량으로 다시 전달되는 실시예도 고려된다.

[0093] 일부 실시예에서, 현가 시스템에 통합된 유압 작동 시스템은 다른 실시예에서 순수 에너지 소비자 또는 생성자일 수 있지만, 에너지 효율적 현가 시스템을 제공하기 위해 사용 동안 실질적으로 에너지 중립적인 유압 작동 시스템을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 이런 실시예에서, 유압 작동 시스템과 연계된 제어기는 도로 상태, 휠 이벤트 및/또는 본체 이벤트에 응답하여 전기 모터와 연계된 모터 입력을 제어하며, 그래서, 재생 사이클 동안(예를 들어, 댐핑 동안) 수확된 에너지 및 현가 시스템의 액티브 사이클 동안 관련된 에너지(수요 공급식 에너지 전달)는 원하는 시간 기간에 걸쳐 실질적으로 균등하다. 전술한 바와 같이, 후속 사용을 위해 의도된 재생된 에너지는 개별 유압 작동기와 연계된 국지적 에너지 저장부를 포함하는 임의의 적절한 방식으로 저장될 수 있거나 에너지는 차량 레벨에서 저장될 수 있다. 적절한 유형의 에너지 저장부는 슈퍼 커패시터, 배터리, 플라 이휠, 유압 축압기 또는 재포획된 운동학적 에너지를 저장하고 이를 원하는 시기에 원하는 양의 운동 에너지로 재변환하기 위해 시스템에 의해 사용되도록 추후 제공할 수 있는 임의의 다른 적절한 기구를 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0094] 도 6의 실시예를 참조하면, 중립 에너지 제어를 사용하는 일부 실시예에서, 제어기(200)는 저진폭 및/또는 저주파수 휠 및/또는 본체 이벤트로부터 재생을 통해 포획된 에너지가 슈퍼 커패시터(208)에 저장되도록 에너지 유동을 제어할 수 있다. 슈퍼 커패시터가 완전히 충전되고 나면, 추가적 재생된 에너지는 차량 에너지 저장 장치(212)를 충전하기 위해 차량 전기 버스(210)에 전달, 차량 전기 버스(210)에 연결된 부하에 의해 소비 및/또는 소산 저항기 상에서 열로 소산된다. 감지된 이벤트에 응답하여 휠의 이동을 조장하기 위한 또는 휠의 이동을 저지하기 위한 것 같이 현가 제어 시스템이 에너지가 필요할 때, 에너지는 슈퍼 커패시터(208)로부터 및/또는 차량 전기 버스(210)로부터 양방향 파워 컨버터(206)를 통해 인출된다. 다양한 감지된 이벤트를 관리하기 위해 소비되는 에너지는 상술한 바와 같은 후속 재생 이벤트 동안 대체된다. 상대적 양의 재생 및 액티브 작동이 적절히 제어될 때, 제어기는 원하는 시간 기간에 걸쳐 실질적 에너지 중립 현가 제어를 제공한다. 다른 실시예에서, 제어기는 원하는 시간 기간에 걸쳐 상대적 양의 재생을 제어함으로써 75 와트, 50 와트 또는 임의의 다른 원하는 평균 파워 이하인 크기를 갖는 평균 파워를 제공한다. 이 평균 파워는 에너지 소비에 대한 포지티브 대응 및/또는 에너지 재생에 네거티브 대응일 수 있다. 이런 제어 시스템은 재생 및 실제 제어를 포함하는 완전 액티브 시스템에 한정되지 않는다. 대신, 시스템의 평균 파워를 제한하는 것은 또한 유압 작동 시스템 및/또는 반-액티브 현가 시스템에서 볼 수 있는 것 같은 순수 액티브 시스템 및 순수 재생성 시스템에 적용될 수 있다.

[0095] 도 7은 현가 시스템의 에너지 중립 제어의 예시적 구현을 예시한다. 도면은 시간에 걸친 파워 유동(300)을 도시한다. 양의 y-축 값(302)은 댐핑 동안 재생된 에너지에 대응하고, 음의 y-축 값(304)은 액티브 작동 동안 소비된 에너지에 대응한다. 도시된 실시예에서, 제어기는 전체 액티브 현가장치의 힘 및 결과적 파워 유동 곡선(300)을 조절하여, 평균 파워가 예로서 연장된 시간 기간에 걸친 재생 및/또는 소비의 75 W 또는 50 W 같이 0에

실질적으로 가까운 윈도우(306) 내에 있게 한다. 이런 제어 시스템은 에너지 중립 제어 시스템으로 고려될 수 있다.

[0096] 도 4에 도시된 것 같은 액티브 현가 시스템의 제어 시스템은 휠 및 본체 가속, 조향 입력, 제동 입력, 관찰 카메라 같은 록-어헤드 센서, 평면 레이저 스캐너 등 같은 다양한 파라미터를 수반할 수 있다. 파워가 점화로부터 추적되는 실시예도 사용될 수 있지만, 에너지 중립 제어 시스템의 일 실시예에서, 제어기는 파워의 가동 평균을 계산한다(소비 또는 재생). 일 실시예에서, 원하는 시간 기간에 걸쳐 파워 유동 곡선(300)의 적분과 같은 전체 파워를 취하고 이를 시간 기간으로 나눔으로써 평균 파워가 계산된다. 제어기는 그후 중립 대역(306) 내에서 또한 액티브 제어 수요 임계치라 지칭될 수 있는 평균 파워를 유지하기 위해 잉여 파워 소비가 발생한 경우 재생 영역을 향해 또는 잉여 파워 재생이 발생한 경우 액티브 작동 영역을 향해 더 많이 현가 시스템의 제어를 편향시키도록 제어 알고리즘에서 이득 파라미터를 변경할 수 있다. 예로서, 연장된 높은 측방향 가속의 회전 동안, 제어 알고리즘은 차량이 느리게 구르게 할 수 있으며, 따라서, 순간적 파워 소비를 감소시킬 수 있고, 시간에 걸쳐, 소비된 에너지를 감소시킨다(더 낮은 평균 파워). 에너지 중립 시스템에서 전기 시스템에 관하여 상술하였지만, 기계적 시스템으로 액티브 제어 수요 임계치를 구현하는 제어 시스템의 실시예도 고려된다. 예로서, 유압 에너지는 유압 축압기를 사용하여 포획 및/또는 적절한 요소를 사용하여 소산될 수 있다. 상술한 바와 같은 방식으로 제어될 수 있는 한 가지 이런 실시예는 두 개의 전자 제어식 밸브 및 3개 체크 밸브를 사용하는 것을 수반한다.

[0097] 상술된 실시예가 에너지 중립적인 단일 유압 작동기의 평균 파워 유동을 제공하는 것에 관련하지만, 본 내용은 이에 한정되지 않는다. 대신, 일부 실시예에서, 평균 파워 유동은 차량 또는 다른 시스템 내에 위치한 모든 유압 작동기의 합으로서 취해질 수 있다. 추가적으로, 평균 파워 유동은 차량 또는 시스템 내에 위치한 유압 작동기의 부분집합을 위해 결정될 수 있다. 또한, 평균은 상시, 차량 점화 시동 사이, 작은 시간 윈도우에 걸쳐 또는 임의의 다른 적절한 시간 주기에 걸쳐 이루어질 수 있다.

[0098] 일부 상황에서, 상술한 에너지 중립 제한을 무효화하는 것이 바람직할 수 있다. 예로서, 회피, 제동, 급속 조향 및/또는 다른 안전성이 중요한 조작 같은 감지 이벤트와 연계된 안전 모드 동안, 에너지 중립 시스템과 연계된 파워 제한이 무효화된다. 안전 조작 검출 알고리즘의 일 실시예는 브레이크 위치가 특정 임계치를 초과하여 눌러지고 위치 도함수(즉, 브레이크 누름 속도)도 임계치를 초과하는 경우 트리거이다. 안전 조작 검출 알고리즘의 다른 실시예는 종방향 가속 임계치, 조향 임계치 및/또는 다른 적절한 입력의 사용을 포함한다. 일 특정 실시예에서, 급속 제어 루프는 임계치 응급 조향 임계치를 차량의 현재 속도에 의해 인덱싱된 참조표로부터의 값과 조향율을 승산함으로써 유도된 인자에 비교한다. 참조표는 각 차량 속도에서 최대 정규 구동 조향율을 관련시키는 스칼라 값을 포함할 수 있다. 예로서, 주차장에서, 급속 회전은 종래의 조작이다. 그러나, 고속도로 속도에서, 동일한 급속 회전 입력은 안정화된 차량을 유지하기 위해 현가장치가 에너지 한계를 무시하여야 하는 안전 조작일 가능성이 높다. 다른 예시적 실시예에서, 임박한 롤오버 조건이 검출되는 경우 현가 역학을 변경하도록 측방향 가속 같은 다수의 센서를 포함하는 SUV의 차량 롤오버 모델이 사용될 수 있다. 다수의 실제 용례에서, 다수의 이들 자습(heuristic)(제동, 조향, 레인-이탈/트래픽 검출 센서, 감속, 측방향 가속 등)은 현가 시스템을 제어하기 위해 원하는 제어 결정을 도출하도록 함께 융합될 수 있다(퍼지 로직을 사용하는 것에 의한 것 같은). 실시예에 따라서, 제어 결정은 이진적이 아닐 수 있으며, 대신, 파워 한계에 대한 스케일링 인자일 수 있다.

[0099] 다른 실시예에서, 현가 시스템의 제어기는 유압 작동 시스템 내에 존재하는 슈퍼 커패시터 같은 에너지 저장부 내에서의 에너지 반전의 가용성에 기초하는 감지된 휠 및/또는 본체 이벤트에 응답하는 방식을 조절한다. 더 구체적으로, 에너지 반전이 최소화되기 시작할 때, 소정 휠 이벤트에 대한 응답은 에너지 소비로부터 작동기 이동으로부터의 에너지 수확으로 전이할 수 있다. 자가 파워공급 적응성 현가 제어의 일 예에서, 작은 진폭 및/또는 저 주파수 휠 이벤트로부터의 재생을 통해 포획된 에너지는 도 6의 슈퍼 커패시터에 저장될 수 있다. 현가 제어 시스템이 0 속도에 실질적으로 근접한 매우 낮은 속도에서의 휠의 이동에 저항하거나 휠 이벤트에 응답하여 휠을 능동적으로 이동시키기 위한 것 같은 에너지를 필요로 할 때, 에너지는 슈퍼 커패시터로부터 인출될 수 있다. 슈퍼 커패시터 또는 다른 적절한 장치에서의 에너지 반전이 최소화될 때, 제어기는 에너지 반전이 "정상적" 액티브 현가 동작을 재개하기에 충분히 보급될 때까지 재생 및 에너지 보전을 향해 시스템 응답을 편향시킨다.

[0100] 에너지 최적화 알고리즘 및/또는 에너지 중립 알고리즘을 사용하여 시간에 걸쳐 그 파워 소비를 조절할 수 있는 현가장치를 조합하는 것은 현가 효율을 향상시킬 수 있다. 추가적으로, 이는 교류기의 현재 용량을 훼손시키지 않고 차량 내에 액티브 현가장치가 통합될 수 있게 한다. 예로서, 현가장치는 안티 로크 제동 시스템(ABS 브레



이크), 전기 파워 조향, 동적 안정성 제어 및 엔진 제어 유닛(ECU) 같은 다른 하위시스템을 위한 충분한 차량 에너지를 제공하기 위해 소비되는 그 순간적 에너지를 감소시키도록 조절할 수 있다.

[0101] 다른 예시적 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 현가 시스템은 현가 시스템의 파워 스토틀링을 제어하도록 구성된 액티브 세시 파워 관리 시스템과 연계될 수 있다. 더 구체적으로, 액티브 현가장치를 명령하는 것을 담당하는 제어기는 액티브 롤 안정화, 전기적 파워 조향, 다른 적절한 장치 같은 차량 상의 다른 장치의 에너지 수요 및/또는 교류발전기 상태, 배터리 전압 및/또는 엔진 RPM 같은 에너지 가용성 정보에 응답한다. 또한, 필요시, 제어기는 다른 장치에 의해 파워가 요구될 때 및/또는 교류발전기 상태, 배터리, 전압 및/또는 엔진 RPM에 의해 나타내어진 바와 같은 낮은 시스템 에너지가 존재할 때 현가 시스템의 파워 소비를 감소시킬 수 있다. 예로서, 일 실시예에서, 현가장치의 제어기는 이하의 이벤트 중 하나, 즉, 차량 배터리 전압이 소정 임계치 미만으로 강하; 교류발전기 전류 출력이 낮고, 엔진 RPM이 낮고, 배터리 전압이 사전설정된 임계치를 초과하는 율로 강하; 차량 상의 제어기(예를 들어, 엔진 제어 유닛)이 비교적 높은 파워에서의 파워 소비 장치(전기 파워 조향 같은)를 명령하는 것(예로서, 저속에서의 급선회 같은); 액티브 현가장치를 위한 경제성 모드 설정이 활성화 및/또는 감소된 파워 소비가 바람직한 다른 적절한 조건의 발생 중 하나가 발생하는 경우 그 순간적 및/또는 시간 평균 파워 소비를 감소시킨다.

[0102] 중립 에너지 제어에 추가로, 도 7은 또한 액티브 현가 시스템을 위한 수요 공급식 에너지 전달의 일 예를 제공한다. 수요 공급식 에너지 전달 가능 액티브 현가 시스템이 포지티브 에너지 유동(302)을 초과할 때(그래프가 중심선 위에 있을 때), 발전기로서 작용할 수 있는, 전기 모터 또는 다른 적절한 연계된 장치가 이 에너지를 전기를 생성하기 위해 사용할 수 있다. 이는 휠 반동 작용 또는 압축에 기인하여 도 4의 유압 모터(114)를 지나쳐 유체가 유동할 때 발생할 수 있다. 유체의 이러한 유동은 에너지 발전기를 회전시키기 위해 사용됨으로써 수요 공급식 소비를 위해 저장될 수 있는 전기를 생성하거나 유압 작동기를 포함하는 차량 또는 다른 현가 시스템 내의 다른 관련 장치에 의해 순간적으로 소비될 수 있다. 재생에 대비하여, 수요 공급식 에너지 전달 가능 현가 시스템이 네거티브 에너지 유동(304)을 겪을 때(그래프가 중심선 아래에 있을 때), 에너지는 필요에 따라 소비된다(즉, 수요 공급식). 소비된 에너지는 원하는 방향으로 유압 작동기를 능동적으로 작동시키기 위해 사용될 수 있거나, 발전기에 상반 작용 전류로서 인가되어 유압 모터의 회전을 저지하도록 사용될 수 있으며, 이는 순차적으로 작동기의 압력을 증가시켜 수요를 구동하는 휠 이동이 완화되게 한다. 소비된 파워는 이전 재생 사이클 동안 수확된 에너지에 대응할 수 있다. 대안적으로, 에너지는 예로서, 현가 시스템과 연계된 에너지 저장 장치, 차량의 12V 또는 48V 전기 시스템 및/또는 현가 시스템으로 또는 현가 시스템으로부터 원하는 파워 유동을 전달할 수 있는 임의의 다른 적용가능한 에너지 저장 시스템을 포함하는 다양한 서로 다른 소스로부터 소비될 수 있다.

[0103] 수요 공급식 에너지를 제공하기 위해 제어되는, 현가 시스템의 일예에서, 차량이 속도 범프와 조우하게 될 때 같은 휠 이벤트 전반에 걸쳐 에너지 소비가 요구될 수 있다. 과속 방지턱 위로 진행할 때 휠을 상승시키기 위해(즉, 휠과 차량 사이의 거리를 감소시킴), 그리고, 그후, 과속 방지턱을 벗어날 때 차량을 전반에 걸쳐 더 평준하게 유지하기 위해 휠을 아래로 누르기 위해 에너지가 필요할 수 있다. 그러나, 과속 방지턱을 벗어날 때 도로 표면 위로 돌아오는 휠 같은 반동 작용은 에너지를 재생하기 위해 신장 댐핑을 사용하여 스프링 내에 위치 에너지를 하네싱(harnessing)함으로써 포지티브 에너지 유동 사이클에 들어갈 수 있다.

[0104] 재생 및 액티브 작동 양자 모두가 가능한 현가 시스템에 관한 실시예가 상술되었지만, 파워를 재생하지 않고 및/또는 재생된 파워를 소산시키는 현가 시스템의 실시예가 또한 고려된다.

[0105] 도 13은 스마트 밸브를 포함하는 현가 작동기의 일 실시예를 도시한다. 액티브 현가 작동기(602)는 작동기 본체(하우징)(604) 및 스마트 밸브(606)를 포함한다. 스마트 밸브(606)는 스마트 밸브와 유체 본체 사이의 긴밀한 통합 및 짧은 유체 연통이 존재하도록 작동기 본체(604)에 긴밀하게 결합되고, 통합된 액티브 현가 스마트 밸브 조립체가 단일 본체(또는 하우징) 액티브 현가 작동기가 되도록 밀봉된다. 도 13에 도시된 실시예에서, 스마트 밸브(606)는 스마트 밸브의 축(630)(즉, 통합된 유압 모터-펌프와 전기 모터의 회전축)이 작동기 본체(632)의 축과 평행하도록 작동기 본체(604)에 결합된다. 작동기 본체와의 긴밀하게 결합된 연결이 도시되어 있지만, 호스 또는 다른 유사한 기구의 사용을 통해 작동기에 연결되는, 작동기 본체와 동일한 하우징에 스마트 밸브가 통합되는 실시예 및 다른 연결 배열도 고려된다.

[0106] 통합된 스마트 밸브(606)는 전자 제어기(608), 유압 모터(예를 들어, HSU)(612)에 긴밀하게 결합된 전기 모터(610)를 포함한다. 유압 모터-펌프는 작동기 본체(604)의 제2 챔버(620)와 유체 연통하는 제2 포트(618) 및 작동기 본체(604) 내의 제1 챔버(616)와 유체 연통하는 제1 포트(614)를 갖는다. 제1 포트 및 제2 포트는 작동기



와 유체 연통하여 스마트 밸브를 배치하도록 구성 및 배열된 유압 연결을 포함한다. 일 실시예에서, 유압 연결은 제2 튜브 내측의 제1 튜브를 포함한다. 제1 포트는 제1 튜브에 대응하고, 제2 포트는 제1 튜브와 제2 튜브 사이의 환형 영역에 대응한다. 대안 실시예에서, 유압 연결은 단순히 두 개의 인접한 포트에 대응할 수 있다. 유압 밀봉부는 제1 및 제2 유압 연결부 내에 유체를 수용하기 위해, 그리고, 유체가 작동기 내에 밀봉되는 것을 보증하기 위해 사용될 수 있다. 유압 연결 배열의 다수의 다른 순열이 구성될 수 있고, 본 내용은 단지 본 명세서에 설명된 연결 배열에만 한정되는 것은 아니라는 것을 이해하여야 한다.

[0107] 도 13에 개시된 실시예에서, 제1 챔버는 신장 체적이고, 제2 챔버는 압축 체적이지만, 이들 챔버 및 체적은 뒤바뀔 수 있으며, 본 내용은 이에 관하여 한정되지 않는다. 유압 모터-펌프(612)는 피스톤 로드(624)에 연결된 피스톤(622)의 대향 측부들 상에 위치된 제1 및 제2 챔버와 유압 연통한다. 따라서, 피스톤 및 피스톤 로드가 제1 방향으로 이동할 때(즉, 신장 행정), 유압 모터-펌프는 제1 방향으로 회전하고, 피스톤 및 피스톤 로드가 제2 방향으로 이동할 때(즉, 압축 행정), 유압 모터는 제2 회전으로 회전한다. 작동기의 신장 및 압축 챔버와의 제1 및 제2 포트를 통한 유압 모터-펌프의 긴밀한 결합은 작동기의 응답성을 바람직하게 향상시킬 수 있는 매우 강성적인 유압 시스템을 가능하게 할 수 있다. 전술한 바와 같이, 작동기 시스템을 위한 신속한 응답 시간은 특히, 20 Hz 이상에서 작용하는 휠 이벤트에 응답할 필요가 있는 경우의 액티브 현가 시스템에 대하여 매우 바람직하다. 전술한 바와 같이, 제2 오더 시스템의 응답 시간은 그 고유 주파수에 직접적으로 비례하며, 도 13에 도시된 시스템은 약 30 Hz의 고유 주파수를 갖는다(10 ms 미만의 응답 시간을 초래). 상술한 견지에서, 다른 주파수도 가능하지만 유사한 시스템은 약 2 Hz 내지 100 Hz의 범위 내의 임의의 위치의 고유 주파수를 쉽게 제공할 수 있어야 한다.

[0108] 액티브 현가 작동기(602)는 피스톤(622)과 피스톤 로드(624)의 선형 속도로부터 긴밀하게 결합된 유압 모터-펌프 및 전기 모터의 회전 속도까지의 높은 운동 비율을 가질 수 있다. 따라서, 고속 현가 이벤트 동안, 극도로 높은 회전 속도가 긴밀하게 결합된 유압 모터-펌프와 전기 모터에 의해 달성될 수 있다. 이는 유압 모터-펌프 및 전기 모터에 대한 손상을 유발할 수 있다. 이 문제를 극복하고 작동기가 고속 현가 환경에서 존속할 수 있게 하도록, 일부 실시예에서, 수동 밸브가 유압 모터-펌프와 병렬, 직렬 또는 양자의 조합으로 유압식으로 작용하도록 통합될 수 있다. 이런 패시브 밸브는 다이버터 밸브(들)(626)를 포함할 수 있다. 다이버터 밸브(들)(626)은 사전설정된 유체 유동율(즉, 유체 전용 임계치)에서 작동하도록 구성되고, 유체 전용 임계치를 초과하는 율로 유동하는 유압 유체에 응답하여 유압 모터-펌프(612)로부터 멀어지는 방향으로 유압 유체를 전용한다. 유체 전용 임계치는 매우 높은 속도의 현가 이벤트에서도 유압 모터-펌프와 모터의 최대 안전 동작 속도가 절대 초과되지 않도록 선택될 수 있다. 다이버터가 작동하고 전향 유동 모드에 진입하여 유압 모터-펌프로의 유체 유동을 규제할 때, 제어된 분할 유동 경로는 유체 유동이 제어된 방식으로 유압 펌프를 우회하도록 생성되며, 그에 의해, 다이버터 밸브가 전향 유동 모드에 있을 때 휠 댐핑이 달성되도록 작동기 상에 댐핑력을 생성한다. 다이버터 밸브는 압축 및 신장 행정 방향 중 적어도 하나에 통합될 수 있다. 다이버터 밸브(들)는 본 내용이 이에 관하여 제한되지 않으므로 작동기 본체(604)와 유압 모터-펌프(612) 사이의 유압 연결부의 임의의 위치 또는 도 13의 실시예에 도시된 바와 같은 신장 체적 및 압축 체적 내에 위치될 수 있다. 패시브 밸브의 다른 형태는 또한 유압 모터-펌프와 병렬, 직렬 또는 양자의 조합으로 유압식으로 작용하도록 통합될 수 있다. 예로서, 블로우오프 밸브(들)(628)가 사용될 수 있다. 블로우오프 밸브(들)는 이들이 피스톤(622)에 걸친 특정 압력 강하가 달성될 때 동작됨으로써 시스템 내의 최대 압력을 제한하도록 구성될 수 있다. 블로우 오프 밸브(들)(628)은 유압 모터-펌프(612)와 작동기 본체(604) 사이의 유압 연결부의 임의의 위치 또는 도 13의 실시예에 도시된 바와 같이 피스톤 내에 위치될 수 있다.

[0109] 액티브 현가 작동기(602)와 함께 사용되는 패시브 밸브는 점진적 작동을 제공하도록 구성됨으로써 그 동작에 의해 유도되는 임의의 진동 및 심각성(NVH)를 최소화할 수 있다. 액티브 현가 작동기에 통합될 수 있는 패시브 밸브는 프로그래시브 밸브, 다단 밸브, 가요성 디스크, 디스크 스택, 진폭 의존 댐핑 밸브, 체적 가변 챔버 밸브 및 유체 유동에 관련된 노이즈를 감소시키기 위한 무음 덕트를 형성하기 위한 배플 판 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 제어된 밸브의 다른 형태가 또한 유압 모터-펌프와 직렬 또는 병렬로 배치된 비례 솔레노이드 밸브, 피스톤-로컬 챔버와 보상 챔버 사이에서 유압 유체를 소통시키기 위한 전자기적으로 조절가능한 밸브 및 조절가능한 제한 밸브를 갖는 압력 제어 같은 액티브 현가 작동기에 통합될 수 있다. 패시브 및 제어식 밸브의 특정 배열 및 구성이 상술되어 있지만, 다른 배열 및 구성도 고려된다.

[0110] 피스톤(624)이 작동기에 진입 및 진출할 때 작동기 본체(604) 내의 유체 체적이 변하기 때문에, 도 13의 실시예는 피스톤 로드 체적을 수용하도록 축압기(634)를 포함한다. 일 실시예에서, 축압기는 밀봉부(638)로 유압 유체로부터 밀봉되고 작동기 본체 내에서 이동할 수 있는 부유 피스톤(636)을 갖는 질소 충전 챔버이다. 도시된

실시예에서, 축압기는 압축 챔버(616)와 유체 연통된다. 축압기 내의 질소는 사전충전 압력에 있고, 그 값은 압축 챔버 내의 최대 작동 압력보다 높은 값에 있도록 결정된다. 부유 피스톤(636)은 작동기 본체(604)에 강성적으로 연결된 축압기 본체(640)의 보어 내에 탑재된다. 압축 챔버와 유체 연통하는 작동기 본체(604)와 축압기 본체(640)의 외측 사이에 작은 환형 간극(642)이 존재하며, 따라서, 축압기와 동일한 압력(또는 거의 동일한 압력)에 있으며, 그에 의해, 축압기 본체의 내측과 외측 사이의 압력 강하를 무효화 또는 감소시킨다. 이 배열은 예비 충전된 질소로부터의 압력 하에서의 본체 팽창 없이 얇은 벽 축압기 본체의 사용을 가능하게 한다.

[0111] 내부 축압기가 도시되어 있지만, 외부적으로 위치된 축압기를 포함하는 작동기(604) 내에 존재하는 유체 체적의 변화를 수용할 수 있는 임의의 적절한 구조, 장치 또는 압축가능한 매체가 사용될 수 있으며, 축압기가 압축 챔버와 유체 연통하는 것으로 도시되어 있지만, 본 내용이 이에 한정되지 않으므로, 축압기는 신장 챔버와 유체 연통될 수 있다.

[0112] 도 13의 실시예의 통합된 스마트 밸브 및 액티브 현가 작동기의 소형 특성 및 크기는 차량 현가 댐퍼 휠 웰 유극과 호환적인 체적 및 형상을 점유한다. 이는 차량 휠 웰 내로의 용이한 통합을 가능하게 한다. 스마트 밸브는 액티브 현가 작동기의 운동 및 관절작동의 전체 범위 동안, 사전결정된 최소 유극이 스마트 밸브와 종래의 차량 휠 웰의 모든 주변 구성요소 사이에 유지될 수 있게 하도록 적절한 체적 및 형상을 점유한다. 도 13에 개시된 바와 같은 스마트 밸브의 크기는 직경이 8"(203 mm) 미만이고, 길이가 8"(203 mm) 미만이다. 그러나, 다른 크기, 치수 및 배향도 가능하다.

[0113] 도 14는 스마트 밸브(702)의 일 실시예를 도시한다. 도 13의 실시예에 개시된 바와 같이, 유체 충전 하우징(704)은 제어 하우징(706)과 결합된다. 제어 하우징은 스마트 밸브(702)와 통합된다. 스마트 밸브 조립체는 전기 모터/발전기의 로터(710)에 근접하게 결합되고 작동식으로 연결된 유압 모터-펌프 조립체(HSU)(708)를 포함한다. 전기 모터/발전기의 스테이터(712)는 전자 유압 밸브 조립체(702)의 본체에 강성적으로 위치된다. 유압 모터-펌프는 작동기의 제2 챔버와 유체 연통하는 제2 포트(716) 및 작동기의 제1 챔버와 유체 연통하는 제1 포트(714)를 포함한다. 제2 포트(716)는 또한 하우징(704)의 체적 내에 수용된 유체(718)와 유체 연통한다. 유압 모터-펌프와 전기 모터/발전기 조립체는 유체 충전된 하우징(704) 내에 수용된 유체(718) 내에 수용되고 그 내부에서 동작한다.

[0114] 신뢰성 및 내구성의 이유로, 전기 모터/발전기는 브러시리스 DC 모터이고, 오일 충전 환경에서 신뢰성있게 유지될 수 없는 정류를 위한 기계적 수단(예로서 브러시 같은)을 사용하는 것과는 반대로 전기 정류는 전자 제어기 및 제어 프로토콜을 통해 수행된다. 그러나, 브러시 모터 및 다른 유형의 모터를 사용하는 실시예도 고려된다. 유체(718)가 유압 모터-펌프(708)의 제2 포트(716)와 유체 연통하기 때문에, 유압 모터-펌프의 제2 포트에 존재하는 임의의 압력이 유체(718)에도 존재할 것이다. 제2 포트에서의 유체 압력은 유압 모터-펌프를 가로질러(그리고, 이에 따라, 도 13의 실시예의 작동기의 피스톤을 가로질러) 존재하는 압력 강하에 의해 생성될 수 있으며, 피스톤을 가로지른 압력 강하(및 이에 따른 힘)에 따라서 변할 수 있다. 제2 포트에서의 압력은 또한 가압된 저장부에 기인하여 존재할 수 있는 사전충전 압력에 기인하여 존재할 수 있다(이는 예로서, 피스톤 및 피스톤 로드 행정으로서 작동기의 작동 체적에 도입되거나 그로부터 제거되는 로드 체적에 기인하여 존재할 수 있다). 이 사전충전 압력은 행정 위치, 온도 또는 양자의 조합에 의해 변동될 수 있다. 제2 포트에서의 압력은 또한 유압 모터-펌프 및 사전 충전 압력을 가로지른 압력 강하의 조합으로서 생성될 수 있다.

[0115] 제어 하우징(706)은 스마트 밸브 본체(702)와 통합되고, 제어기 공동(720)을 수용한다. 제어기 공동(720)은 벨크헤드(722) 또는 다른 압력 밀봉 배리어에 의해 하우징(704) 내에 수용된 유압 유체(718)로부터 분리된다. 제어기 공동(720) 내의 압력은 대기압(또는 근사 대기압)이다. 벨크헤드(722)는 유체 충전 하우징과 제어 공동 사이의 압력 배리어로서 작용하는 밀봉부(들)(724)에 의해 유체 충전된 하우징(704) 내에서 유체(718)를 수용한다. 제어 하우징(706)은 다른 구성요소들 중에서 로직 보드(728), 파워 보드(730) 및 커패시터(732)를 포함하는 전자 제어기 조립체일 수 있는 제어기 조립체(726)를 수용한다. 일부 실시예에서, 제어기 조립체는 제어 하우징(706)에 강성적으로 연결된다. 전기 모터/발전기 스테이터(712)는 전기 커넥터(738)와 전기 소통하는 가요성 전기 연결부(736)(예로서 가요성 PCB 같은)에 전기적으로 연결된 권선 전기 단자(734)를 포함한다. 밀봉된 패스쓰루(740)의 사용을 통해 하우징의 유체 충전된 부분으로부터 제어기 공동을 여전히 격리시키면서 전기 커넥터(738)는 벨크헤드(722)를 통과한다.

[0116] 벨크헤드(722)가 유체 충전된 하우징(704) 내에 유체(718)를 수용하기 때문에, 벨크헤드는 유압 모터-펌프의 제2 포트(716)로부터의 압력에 기인하여 유체(718)의 압력 변동을 받는다. 벨크헤드의 대향 측부 상에서, 벨크헤드는 대기압(또는 근사 대기압)에 노출된다. 이는 벨크헤드가 편향될 수 있게 하는 벨크헤드를 가로지른 압력

차를 생성할 수 있다. 벌크헤드가 강하고 강성적인 재료로 구성되는 경우에도(예로서, 강철 같은), 유체(718)와 제어기 공동(720) 사이의 압력차의 임의의 변화는 벌크헤드의 편향의 변화를 유발할 수 있다. 밀봉된 패스쓰루(740)가 벌크헤드를 통과하기 때문에, 벌크헤드의 편향의 임의의 변화는 밀봉된 패스쓰루에 운동을 부여할 수 있으며, 이는 순차적으로 밀봉된 패스쓰루 내에 수용된 전기 커넥터(738)에 운동을 부여할 수 있다. 가요성 전기 연결부(736)는 권선 전기 단자(734)와 전기 커넥터(738) 사이의 운동을 흡수 또는 다른 방식으로 수용할 수 있도록 구성된다. 따라서, 권선 전기 단자(734)와 가요성 전기 연결부(736) 사이, 그리고, 가요성 전기 연결부(736)와 전기 커넥터(738) 사이의 연결부는 고장을 초래할 수 있는 피로로부터 보호될 수 있다.

[0117] 전기 커넥터(738)는 다른 순응성 전기 부재(미도시)를 통해 파워 보드(730)와 전기 소통할 수 있다. 순응성 전기적 부재는 파워 보드(730)와 순응성 전기적 부재 사이 및 순응성 전기적 부재(742)와 전기 커넥터(738) 사이의 연결부가 마찬가지로 이들 연결부가 고장나게 할 수 있는 경시적 피로를 받지 않도록 전기 커넥터(738)와 파워 보드(730) 사이에 존재할 수 있는 임의의 운동을 흡수할 수 있도록 구성된다.

[0118] 제어 하우징(706)은 로직 보드, 파워 보드, 커패시터 및 FET 또는 IGBT 같은 다른 전자 구성요소를 포함할 수 있는 제어 조립체(726)를 수용한다. 제어 조립체(726)의 열 소산을 위한 효과적 수단을 제공하기 위해, 제어 하우징(706)은 히트 싱크로서 작용할 수 있고, 양호한 열 전도성 및 질량을 제공하는 재료(예로서, 알루미늄이나 열 소산 플라스틱 같은)로부터 구성될 수 있다. 효율적 열 소산 기능이 제어 하우징(706)에 의해 달성되는 것을 보증하기 위해, 제어 조립체(726)의 파워 구성요소(FET 또는 IGBT 같은)는 평탄하게 장착되고, 히트 싱크로서 이 표면을 사용할 수 있도록 제어 하우징(706)의 표면 내측과 긴밀하게 접촉할 수 있다. 제어 하우징(706)의 구조는 다양한 재료로 하우징을 구성하고, 하우징(704)과 접촉하는 열적 비전도성 플라스틱으로 히트 싱크 표면 재료를 오버몰딩하는 것 같은 방법을 사용함으로써 유체 충전된 하우징(704)으로부터 열적으로 격리될 수 있도록 이루어질 수 있다. 대안적으로, 제어 하우징(706)은 유체 충전된 하우징(704)에 열적으로 히트 싱크 표면이 연결되도록 구성될 수 있다. 스마트 벨브가 차량의 휠 웰 내에 배치될 수 있기 때문에, 제어 하우징(706)의 히트 싱크 특징부는 히트 싱크의 열 질량을 냉각시키도록 휠 웰 내에 존재하는 임의의 주변 공기 유동을 사용하도록 구성 및 최적화될 수 있다.

[0119] 일부 실시예에서, 전기 모터/발전기 로터(710)에 구동식으로 연결되는 소스 자석(744)의 회전 위치를 측정하는 회전 위치 센서(742)는 로직 보드(728)에 직접적으로 장착된다. 회전 위치 센서는 홀(Hall) 효과 유형 또는 다른 유형으로 이루어질 수 있다. 비자기 센서 차폐부(746)가 벌크헤드 내에 위치되고, 회전 위치 센서(742)와 소스 자석(744) 사이에 배치된다. 결과적으로, 로터(710)의 각도 위치를 검출하기 위해 회전 위치 센서(742)에 의해 검출될 수 있도록 소스 자석(744)의 자속이 방해받지 않고 통과할 수 있게 하면서 유체 충전된 하우징 내에 있는 유체(718)를 센서 차폐부가 수용한다.

[0120] 회전 위치 센서(742)로부터의 신호는 BLDC 모터의 정류를 위해, 그리고, 유압 리플 소거 알고리즘(또는 프로토클)에 사용하기 위한 것 같은 다른 기능을 위해 전기 제어기에 의해 사용될 수 있다. 이론에 구속되지 않는 것을 바라지 않고, 모든 포지티브 변위 유압 펌프 및 모터(예를 들어, HSU)는 그 회전 위치에 관련한 압력 맥동을 생성한다. 이러한 압력 맥동은 유압 모터-펌프가 회전당 균등한 유동을 공급하지 않기 때문에 생성된다. 대신, 유압 모터-펌프는 회전당 유동 맥동을 생성하며, 그에 의해, 특정 위치에서, 유압 모터-펌프는 회전당 그 공칭 이론적 유동보다 많은 유동(즉, 추가적 유동)을 전달하고, 다른 위치에서, 유압 모터-펌프는 회전당 그 공칭 이론적 유동보다 더 적은 유동(즉, 네거티브 유동)을 전달한다. 유동 맥동(또는 리플)의 프로파일은 유압 모터-펌프의 회전 위치에 관하여 알려져 있다. 이 유동 리플은 그후 순차적으로 유체의 질량 및 회전 구성요소의 관성 등에 기인한 시스템의 압력 리플을 생성하며, 이 압력 맥동은 하류 작동기 등의 원치않는 노이즈 및 힘 맥동을 생성할 수 있다. 압력 맥동의 프로파일이 소스 자석 위치를 사용하여 로터 위치로부터 측정될 수 있는 펌프 위치에 대하여 결정될 수 있기 때문에, 제어기가 모터 전류, 그리고, 이에 따른 모터 토크를 로터 위치 신호에 기초하여 변화시키는 프로토클을 사용하여 이들 압력 맥동을 상쇄시키는 것이 가능하다. 이는 압력 맥동을 완화 또는 감소시키고 따라서 유압 노이즈를 감소시키며 시스템 성능을 개선하는 것을 도울 수 있다. 유압 모터-펌프로부터의 유압 리플을 감소시키는 다른 방법은 포트 타이밍식 축압기 버퍼의 사용일 수 있다. 이런 배열에서, 유압 모터-펌프는 유압 모터-펌프 리플 신호에 따라서 타이밍조정되는 포트를 포함함으로써 유압 모터-펌프가 그 공칭값보다 많은 유동(즉, 추가적 유동)을 전달할 때의 위치에서 포트가 유압 모터-펌프 제1 포트로부터 압축가능한 매체를 수용하는 챔버로 개방되어 이 추가적 유동을 수용하도록 유압 모터-펌프로부터 챔버로의 유체 유동이 존재하게 하고, 유압 모터-펌프가 그 공칭값보다 적은 유동(즉, 네거티브 유동)을 전달할 때의 위치에서, 포트가 유압 모터-펌프 제1 포트로부터 압축가능한 매체를 수용하는 저장부로 개방되어 유체가 저장부로부터 유압 모터-펌프 제1 포트에 유동하여 네거티브 유동을 구성할 수 있게 한다. 압축가능한 매체를 갖는 챔



버는 그에 의해 유체 맥동을 버퍼링 제거하고, 따라서, 유압 모터-펌프로부터의 압력 맥동을 버퍼링 제거한다. 유압 모터-펌프의 노이즈 신호 및 압력 리플을 추가로 감소시킴으로써 스마트 밸브의 성능을 추가로 개선시키기 위해 상술한 포트 타이밍식 축압기 버퍼와 함께 전술한 유압 리플 소거 알고리즘을 사용하는 것이 가능하다.

[0121] 도 15는 작동기 본체(하우징)(804)와 스마트 밸브(806)를 포함하는 현가 시스템(802)의 일 실시예를 도시한다. 스마트 밸브(806)는 작동기 본체(804)에 긴밀하게 결합됨으로써 스마트 밸브와 유체 본체 사이의 긴밀한 통합과 짧은 유체 소통이 존재하고, 통합된 액티브 현가 스마트 밸브 조립체가 단일 본체(또는 하우징) 현가 시스템이거나 그로서 기능할 수 있도록 밀봉된다. 통합된 스마트 밸브(806)는 유압 모터-펌프(예를 들어, HSU)(812)에 긴밀하게 결합된 전기 모터(810)와 전자 제어기(808)를 포함한다. 유압 모터-펌프는 작동기 본체(804) 내의 제1 챔버(816)와 유체 연통하는 제1 포트(814) 및 작동기 본체(804) 내의 제2 챔버(820)와 유체 연통하는 제2 포트(818)를 갖는다. 제1 포트 및 제2 포트는 작동기에 유압 연결된다. 유압 연결부는 제2 튜브 내측의 제1 튜브를 포함하며, 그래서, 제1 포트는 제1 튜브이고, 제2 포트는 제1 튜브와 제2 튜브 사이의 환형 영역이다. 대안적 실시예에서, 유압 연결부는 두 개의 인접한 포트를 포함할 수 있다. 그러나, 연결부의 다른 유형 및 배열도 사용될 수 있다.

[0122] 도 15의 실시예는 도 13의 실시예의 것과 유사하고, 스마트 밸브의 축(630)(즉, 통합된 유압 모터-펌프 및 전기 모터의 회전축)이 작동기(632)의 축에 평행한 것과 반대로 작동기 본체(632)의 축과 수직 또는 거의 수직이도록 작동기 본체(804)에 스마트 밸브(806)가 결합되는 것이 차이점이다. 물론, 작동기 본체 축(632)의 것에 평행한 것과 수직인 것 사이의 임의의 각도에서 그 축(630)을 갖는 상태로 스마트 밸브를 장착하는 것이 가능하다. 따라서, 유압 모터-펌프는 임의의 적절한 배향 및 임의의 적절한 위치에서 작동기 본체에 결합될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0123] 도 16은 도 15에 개시된 것과 유사한 스마트 밸브(902)의 일 실시예를 도시한다. 이 실시예는 제어기 모듈(906)과 결합된 하우징(904)을 포함하는 스마트 밸브(902)를 도시한다. 제어기 모듈은 스마트 밸브(902)의 상단에 배치된다. 스마트 밸브 조립체는 전기 모터/발전기의 로터(910)에 긴밀하게 결합된 유압 모터-펌프 조립체(예를 들어, HSU)(908)를 포함한다. 전기 모터/발전기의 스테이터(912)는 전자 유압 밸브 조립체(902)의 하우징(904)에 강성적으로 연결된다. 유압 모터-펌프는 작동기의 제1 챔버와 유체 연통하는 제1 포트(914) 및 작동기의 제2 챔버와 유체 연통하는 제2 포트(916)를 포함한다. 제2 포트(916)는 또한, 하우징(904)의 체적 내에 수용되는 유체(918)와 유체 연통한다. 유압 모터-펌프와 전기 모터/발전기 조립체는 유체 충전된 하우징(904) 내에 수용된 유체(918) 내에 수용 및 동작된다.

[0124] 제어기 모듈(906)은 전기 접속부(920)를 통해 전기 모터/발전기에 연결되고, 벌크헤드(922) 또는 다른 적절한 압력 밀봉된 배리어로부터 유압 유체로부터 분리된다. 전기 접속부(920)는 패스쓰루(924)를 통해 유압 유체로부터 격리된다. 제어기 공동 내에는 로직 서브조립체(932), 파워 팩(934) 및 커패시터(936)가 있다. 다른 실시예에서, 파워 팩(934)은 유압 밸브 조립체(902)로부터 열적으로 분리된 전용 히트 싱크에 장착될 수 있다. 파워 저장 유닛은 유압 밸브 조립체(902)의 측부에 장착되거나 파워 팩(934)과 통합될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 파워 팩(934)은 세 개의 서브 유닛으로 분할되고, 각 서브유닛은 파워 팩의 단일 다리부(하프 브리지)를 수용한다. 그러나, 다른 배열도 가능하다. 열적 부하 및 체적을 최소화할 목적으로, 로직 서브조립체는 로직 파워 모듈, 센서 인터페이스 모듈 및 프로세서 모듈로 세분될 수 있다. 일 실시예에서, 로직 서브조립체(932)는 위치 센서(938)를 사용한다. 위치 센서는 FET(IGBT)를 수용하기 위해 사용되는 동일한 인쇄 회로 보드(PCB)를 공유할 수 있거나, 가요성 케이블 상에 장착될 수 있다. 다른 실시예에서, 로직 서브조립체(932)는 완전히 비센서식일 수 있다. 또한, 세분된 제어기를 상술하였지만, 제어기 모듈(906)의 모든 구성요소는 단일 조립체에 통합되고 단일 PCB 상에 생성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0125] 일 실시예에서, 전기 모터/발전기 로터(910)에 구동식으로 연결되는 소스 자석(940)의 회전 위치를 측정하는 회전 홀 효과 위치 센서(938)가 로직 보드(932)에 직접적으로 장착된다. 홀 효과 위치 센서는 또한 센서 차폐부(942)에 의해 전자 유압 밸브 조립체(902)의 작동 유압 유체로부터 보호될 수 있다.

[0126] 도 17은 개략적 형태로 제어기 밸브 통합의 일 실시예를 도시한다. 압력 배리어(1002)는 대기압에 노출되는 공기 충전된 제어기 격실(1006)로부터 유체 충전된 가압된 저장부(1004)를 분리시킨다. 모터(1010)와 제어기 보드(1012)가 고정 상태로 있는 동안 압력 배리어(1002)는 체적(1004) 내의 가변적 압력의 영향 하에 경계부(1008) 내에서 편향된다. 피드쓰루(1014)와 모터 연결부(1016)는 가요성 인쇄 회로 보드(1018)의 대향 단부들에 전기적으로 연결된다. 압력 배리어(1002)가 가변 압력의 영향 하에 굴곡될 때, 이는 피드쓰루(1014)를 이와 함께 당기며, 이는 모터 연결부(1016)에 힘을 전달하지 않고 이 이동을 수용하도록 굴곡되는 가요성 인쇄 회로

보드(1018)에 힘을 인가할 수 있다. 이는 대응 납땜 결합부의 신뢰성 있는 동작을 보증하는 것을 도울 수 있다. 제어기 보드(1012)는 밸브 하우스(1020)에 강성적으로 부착될 수 있으며, 피드쓰루(1014)가 압력 배리어(1002)(예를 들어, 멤브레인 또는 다른 구성)의 운동과 결합 이동하는 동안 운동이 규제된다. 가요성 엽상부(1022)는 용접(1024)되거나 다른 방식으로 피드쓰루 핀(1026)에 전기적으로 연결된다. 가요성 엽상부(1022)는 피드쓰루(1014)의 운동을 수용하며 제어기 보드(1012)로의 왕복력의 전달을 방지한다. 반경방향으로 자화된 자석(1033)은 자속 투과성 윈도우(1032)를 통해 트랜스듀서 모듈 장치(1030)에 로터(1028)의 각도 위치를 전달할 수 있다.

[0127] 일부 실시예에서, 가요성 엽상부(1022)는 저온 땀납 조인트(1024)를 사용하여 피드쓰루 핀(1026)과 납땜 결합될 수 있다. 이는 가요성 고전류 연결부의 자가 치유 거동을 가능하게 할 수 있다. 구체적으로, 1024가 미소 균열을 발생시킬 때, 대응 납땜 조인트의 저항이 증가하여 국지적 온도 상승 및 저온 땀납의 재용융을 유발한다. 이는 지정된 납땜 영역으로부터 멀어지는 방향으로의 용융된 땀납의 리플로우를 방지하도록 납땜 조인트의 외측의 주변 납땜 및 연결 패드에 인가된 비습윤성 도금과 조합될 수 있다.

[0128] 도 18은 스마트 밸브 아키텍처의 일 실시예의 개략도이다. 로터 샤프트(1102)는 양방향적 및 역구동 양자 모두가 가능할 수 있는 유압 모터-펌프(1104)의 샤프트에 작동식으로 결합된다. 그러나, 유압 모터-펌프가 단방향성이고 및/또는 펌핑 전용인 실시예도 고려된다. 모터(1106)에 유압 펌프(1104)를 강성적으로 연결하는 로터 샤프트(1102)의 각도 위치는 다른 위치에서 설명된 바와 같이 모터 제어 루프에서 사용될 수 있다. 상술한 위치 측정은 유체 충전된 저장부(1110) 내에 작동식으로 위치된 로터 샤프트(1102)에 강성적으로 부착된 반경방향으로 자화된 영구 자석 유도자(1108)로부터 유도된다. 축방향으로 회전하는 자석(1108)에 의해 유도된 자기장 자속은 멤브레인(1114) 내에 구축되는 자기적으로 투과성인 윈도우(1112)를 통해 침투한다. 멤브레인은 유체 충전된 저장부(1110)를 대기압에 노출되는 전자 수납체(1116)로부터 분리시킨다. 멤브레인(1114)은 유체 충전된 수납체와 공기 노출 수납체 사이의 가변적 차압에 노출됨으로써 가변적 멤브레인 편향을 초래한다는 것을 유의하여야 한다. 자속(1118)은 측정된 자속(1118)의 강도를 로터 샤프트(1102)의 각도 위치로 변환하는 자기장 감응 트랜스듀서(1120)와 상호작용한다.

[0129] 일 실시예에서, 제어기 모듈(1130)은 프로세서 모듈(1133), 저장 커패시터(1134), 3상 정류자(1131) 및 3상 파워 브리지(1132)를 포함한다. 3상 정류기(1131) 및 3상 파워 브리지(1132)는 양방향 3상 피드(1135)를 통해 모터(1106)에 작동식으로 연결된다. 제어기(1130)는 파워 피드(1141)를 통해 직류 전압 파워 소스에 의해 급전되고, 정류 버스(1140)를 통해 적어도 하나의 다른 유사 제어기 또는 중앙 차량 현가 제어기와 통신할 수 있다. 무선 정류를 포함하는 다른 유형도 사용될 수 있다. 상술한 아키텍처, 알고리즘 및 대응 구현예의 세부사항이 임의의 장소에서 설명된다. 수직 휠 운동과 연계된 재생 이벤트 또는 유압 작동기의 다른 적절한 운동 동안, 유체는 유압 모터-펌프(1104)를 통해 밀어내어짐으로써 전기 모터(1106)의 회전 운동을 생성하고, 이 회전 운동은 전기 모터의 단자 상에 역방향 전동력(BEMF)의 생성을 초래한다. "소진되는" DC 파워 피드(1141)에서 확인될 수 있는 파워 버스 고장의 경우에, BEMF는 1131에서 정류되고, 파워 소스의 양 단자와 음 단자 사이에 연결되는 커패시터(1134)에 그 에너지가 저장된다. 따라서, 커패시터(1134)의 충전은 커패시터(1134)의 양 및 음 단자 사이에 또한 연결되는 제어기(1130)의 파워 로직에 충분한 전압을 발생시킨다. 프로세서(1133) 상에 이행된 제어 알고리즘은 브리지(1132)의 모든 스위치를 폐쇄함으로써 또는 브리지의 듀티 사이클을 변조하여 모터(1106)의 권선을 통한 원하는 전류를 유지하고 안전 댐핑 힘을 초래하는 최소 페일세이프 토크를 생성함으로써 파괴에 대응한다. 유사하게, 통신 버스(1140)의 고장의 경우에, 제어기는 패시브 댐핑 모드로 되돌아가고 현가 시스템의 원하는 패시브 댐핑 특성을 유지한다. 또한, 제어기(1130)의 파국적 파괴의 경우에, 모터-펌프 조립체(1106, 1102, 1104)는 허용불가한 현가장치 고장을 나타내는 DC 버스에 대한 전압 상승을 초래하는 제어를 스피ن 아웃할 수 있다: 임의의 위치에 설명된 바와 같은 DC 버스를 가로질러 연결된 셉트 릴레이는 "안전 전압 레벨 초과" 조건을 검출하고 회로를 단아서 DC 버스를 단락시키고, 안전 현가 댐핑을 효과적으로 보증한다.

[0130] 제어기 모듈(1130)의 프로세서 모듈(1133)은 복수의 내재적, 외래적 및 차량 관련 정보를 수신한다. 내재적 정보는 스마트 밸브 하우스(1153) 및/또는 완전한 스마트 밸브(1155)를 형성하는 제어기 하우스(1154) 내부로부터 발생할 수 있다.

[0131] 내재적 센서 슈트는 적어도 두 개의 모터 전류 센서(1117), 버스 전압(1119) 및 전류(1118) 센서, 차압 센서(1111), 작동기 본체 가속계(1145), 분위기(1142), 유체(1144) 및 FET 온도 센서(1143)를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 외재적 센서 슈트(1150)는 또한 예로서 현가 위치 센서(1151) 및 본체 가속 센서(1152)를 포함할 수 있으며, 여기서, 현가 위치 센서(1151)는 차량 본체에 관한 휠의 종방향 위치를 통신하고, 본체 가속계(1152)는 본체 병진 및/또는 회전 운동을 포함할 수 있는 관성 기준 시스템을 기준으로 차량 본체 운동을 통신

한다.

- [0132] 양호한 실시예에서, 차량 관련 정보는 조향, 스로틀, 제동 입력, 요 레이트, 종방향 가속, 측방향 가속, 드라이브 선호도 및 계산된 순시적 힘 속도 요건 같은 복수의 입력을 포함하지만 이에 한정되지 않을 수 있다. 이들 입력은 통신 버스(1140)를 통해 제어기에 통신될 수 있다. 구현예의 특정사항이 본 명세서의 임의의 위치에 설명되었다. 그러나, 상기 신호는 파워 라인 프로토콜에 대한 데이터를 사용하여 또는 개별 신호의 직접 라우팅을 포함하는 임의의 다른 적절한 수단을 사용하여 제어기(1130)에 통신될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0133] 또한, 현가 작동기는 사실상 복수의 작동기 운동에 의해 총체적으로 영향을 받는 차량 본체 및 독립적으로 이동하는 휠 사이의 링크이다. 따라서, 그리고, 이론에 구속되지 않고, 임의의 휠 작동기 조립체의 동적 이벤트의 개시는 차량의 본체와 그 대응 휠 사이에 연결된 모든 작동기의 거동에 영향을 준다. 결과적으로, 제어 예측으로부터 모든 작동기 제어기(1130)에 임의의 현가 이벤트를 예측적으로 신호하는 것이 유익할 수 있다. 따라서, 차량 내의 작동기 제어기는 원하는 정보를 통신할 수 있게 하도록 제어기에 연결되는 것이 바람직할 수 있다. 네트워킹은 중앙 제어기에 압력 리플 같은 시간 민감성 정보를 포함하지만 이에 한정되지 않는 모든 정보를 각 작동기가 업로드할 때 중앙화된 형태로 달성될 수 있으며, 이 중앙 제어기는 순차적으로 이 정보를 하류로 네트워킹의 모든 작동기 제어기로 분배한다. 대안적으로, 이는 CAN 버스, 토큰 링 버스 또는 데이터 오버 파워 버스 인터페이스를 포함하지만 이에 한정되지 않는 임의의 적절한 접속을 사용하여 차량 내의 모든 제어기를 균질적으로 연결함으로써 탈중앙화된 방식으로 달성될 수 있다.
- [0134] 이론에 구속되지 않고, 임의의 주어진 시간적 순간에 전자-유압 작동기의 성능은 주로 유압 모터-펌프 및 전기 모터 성능 특성과, 파워 버스 제한, 주변 온도, 전자 구성요소 및 유압 유체 온도에 의존한다. 회복가능한 열적 의존성 및 유체 조성물의 기계적 마모 및 화학적 변화에 기인한 회복불가능한 연령 관련 퇴화는 제어 알고리즘 또는 프로토콜에 의해 고려될 수 있다. 구체적으로, 단기 시간 스케일에서 전류-대-토크 변환 곡선은 온도 변동에 기인한 유체 점도 변화 및 시스템에 저장된 가용 에너지의 양과 전자 구성요소의 상승하는 온도에 기인한 전자장치의 파워 취급 기능에 기초하여 조절될 수 있다. 장기 시간 스케일에서, 적응성 제어 알고리즘은 유압 유체의 장기 점도 변화(화학적 열화에 기인) 및/또는 유압 펌프(1104) 구성요소의 기계적 마모에 기인한 증가된 누설을 고려할 수 있다. 차압 센서(1111), 온도 센서(1144, 1142, 1143) 및 외재적 센서로부터 수신된 명령된 및 실제적 힘-속도 응답을 포함하지만 이에 한정되지 않는 상술한 동일한 센서 슈트가 실제 모델의 단기 및 장기 파라미터 양자 모두를 조절하기 위해 사용될 수 있다. 장기 파라미터 조절은 FLASH 메모리 유닛(1137)에 저장될 수 있다.
- [0135] 도시된 실시예에서, 차압 센서(1111)의 제1 입력은 펌프(1104)의 제1 포트에 연결되고, 센서(1111)의 제2 입력은 펌프(1104)의 제2 포트에 작동식으로 연결된다. 차압 센서(1111)의 파워 및 출력 리드는 유체 충전된 저장부(1110)로부터 기밀 밀봉된 경로를 통해 제어기 구획(1116)으로 침투하고, 펌프(1104)를 가로지르는 차압을 나타내는 전압을 프로세서 모듈(1133)에 전달한다. 차압값은 단기 및 장기 시스템 드리프트를 나타내는 새로운 시스템을 계산하기 위해 플랜트의(즉, 제어 대상) 힘-속도와, 유체 온도에 상관되고, 장기 모델은 FLASH 메모리(1137)에 저장될 수 있다.
- [0136] 상술한 바에 추가로, 차압 변동은 플랜트의 운동 방향으로의 펜딩 반전(pending reversal)을 나타내도록 초기 전진관찰(forward looking) 신호로서 사용될 수 있다. 후자는 일반적으로 전기 모터/유압 모터 펌프 조립체가 제로 RPM 지점을 교차할 때 발생하며 회전 속도는 로터 위치 감지 단독에 기초하여서는 계산될 수 없다. 추가적으로, 플랜트에 인가된 힘의 직접적 지표인, 차압은 순간적 압력 변동에 응답하여 급속 제어 루프에 수반되는 명확한 입력을 제어기(1130)에 제공한다.
- [0137] 도 19a, 19b, 19c, 19d, 19e 및 19f는 액티브 현가 작동기 본체와 스마트 밸브를 상호작용시키기 위한 연결 방법의 다양한 실시예를 도시한다. 도 19a의 실시예에서, 작동기(1204)와 스마트 밸브(1202)를 통한 단면이 도시되어 있으며, 여기서, 작동기 본체는 작동기 본체로부터 외향 연장하는 돌출부(1206)를 갖는다. 돌출부(1206)는 작동기 본체의 제1 챔버와 유압 모터-펌프의 제1 포트 사이의 유압 연결부가 튜브(1210)를 통해 형성되도록 유압 모터-펌프(1208)의 본체를 수용 및 위치설정할 수 있도록 형성된다. 돌출부(1206)는 돌출부가 작동기 본체와 일체로 형성되도록(예를 들어, 예로서 캐스팅 또는 시트 금속 성형 공정을 사용함으로써) 작동기 본체를 구성함으로써 또는 작동기 본체에 별개의 부재를 고정(예로서 용접에 의해)하는 것 같은 다양한 수단에 의해 구성될 수 있다. 돌출부(1206)에 의해 생성된 개방 공동(1212)은 그에 연결될 때 작동기 본체의 제2 챔버와 유압 모터-펌프의 제2 포트와 유체 연통되며, 둘 사이의 유압 연결부를 형성하도록 기능한다. 외부 부재(1214)는 스마트 밸브 조립체(1202)를 수납하고, 작동기 본체에 스마트 밸브 조립체를 견고히 고정하도록, 그리고, 내부에



유체를 수용하도록 기능한다. 외부 부재(1214)는 적절한 금속 성형 공정(예로서, 롤링 또는 크럼핑 같은)에 의해 또는 예로서 체결구에 의해 고정되는 것 같은 다른 수단에 의해 작동기 본체에 스마트 밸브 조립체가 연결된 이후 조립 및 고정될 수 있다.

[0138] 도 19b는 작동기 본체(1204)에 스마트 밸브(1202)를 연결하는 대안 실시예를 도시한다. 도시된 실시예에서, 작동기 본체는 작동기 본체로부터 외부로 연장하는 돌출부(1206)를 가지며, 이는 작동기 본체의 제1 챔버와 유압 모터-펌프의 제1 포트 사이의 유압 연결부가 캡슐화된 커넥터 튜브(1214)를 통해 형성되도록 유압 모터-펌프(1216)의 유체 충전된 하우징을 수용 및 위치설정하도록 구성된다. 돌출부(1206)는 작동기 본체에 별개의 부재를 고정(예로서 용접에 의해)하는 것 같은 다양한 수단에 의해 또는 돌출부가 작동기 본체와 일체로 형성되도록 작동기 본체를 구성함으로써(예로서, 캐스팅 또는 시트 금속 성형 공정을 사용함으로써) 구성될 수 있다. 제2 공동(1218)(도 19c에 도시됨)은 돌출부(1206)에 생성되며, 유압 모터-펌프의 제2 포트 및 작동기 본체의 제2 챔버와 유체 연통하며, 둘 사이에 유압 연결을 형성하도록 기능한다. 돌출부(1206)는 예로서, 압연 공정이나 크럼핑 같은 적절한 금속 성형 공정에 의해 작동기 본체에 스마트 밸브 조립체가 연결된 이후 고정될 수 있다. 돌출부(1206)의 비성형 상태는 도 19b에 도시되어 있고, 도 19c에 고정 및 성형된 상태로 도시되어 있다. 도 19b 및 도 19c의 실시예에서, 돌출부(1206)는 유체 충전된 하우징(1216) 내로 형성된 탭(1218) 위에 형성된다. 도 19d에서, 작동기 본체(1204)는 작동기 본체의 개구(1220, 1222)가 보여질 수 있도록 스마트밸브 없이, 그리고, 비성형 상태의 돌출부(1206)를 도시하도록 도시되어 있다. 작동기 본체(1204)의 개구(1220)는 커넥터 튜브(1214)를 둘러싸고, 개구(1222)는 유체 충전된 하우징(1216)을 통해 유압 모터-펌프 내의 제2 포트에 연결된다. 개구(1220)는 또한 작동기의 제2 챔버와 유체 연통된다. 밀봉부 또는 개스킷(미도시)은 개구(1220, 1222)로부터 내부적으로 유압 유체를 밀봉하도록, 그리고, 외부적으로 누설될 수 없도록 유체를 수용하도록 스마트 밸브와 작동기 본체 사이에 배치될 수 있다. 돌출부(1206)의 대안적 고정 형상이 도 19e 및 도 19f에 도시되어 있다. 도시된 실시예에서, 돌출부(1206)는 유체 충전된 하우징(1218) 내로 형성된 홈(1226) 내로 형성된다. 돌출부(1206)는 도 19e에 비성형 상태로 도시되어 있고, 도 19f에 고정된 성형된 상태로 도시되어 있다. 필요시 스마트 밸브와 작동기 본체 사이에 열적 절연 부재를 통합하는 것이 가능하다.

[0139] 작동기 본체에 스마트 밸브를 고정하기 위한 특정 방법 및 배열이 상술되어 있지만, 작동기 본체에 스마트 밸브를 고정하는 다른 방법이 또한 고려된다는 것을 이해하여야 한다.

[0140] 도 20은 차량의 일 코너에서 휠 웰 내의 액티브 현가 작동기(1304)의 현가 설비(1302)의 일 실시예를 도시한다. 현가 시스템(1302)은 휠(1310)과 새시(1308) 사이에 결합된 스마트 밸브(1306)와 통합된 액티브 현가 작동기(1304)를 포함한다. 일반적으로, 새시는 통상적으로 스프링 위 질량이라 지칭되고, 휠 및 장차 조립체는 통상적으로 스프링 아래 질량이라 지칭된다. 예시된 바와 같이, 휠(1310)은 상부 제어 아암(1312), 하부 제어 아암(1314) 및 장차 부재(1316)(통상적으로 너클(knuckle)이라 지칭됨)에 의해 작동기(1302) 및 새시에 결합된다. 상부 제어 아암(1312) 및 하부 제어 아암(1314)은 연결점(1318)에서 새시에 결합되고, 작동기는 하부 장차 부재(1320)를 통해 하부 제어 아암(1314)에, 그리고, 상부 장차 부재(1322)에서 새시에 결합된다. 장차 부재(1320, 1322)는 예로서 차량 NVH 특성을 개선시키기 위해 또는 차량에 전달되는 액티브 현가 작동기의 동작과 연계될 수 있는 노이즈 또는 공진을 감소시키기 위해 구성될 수 있는 하이드라마운트 또는 액티브 현가 부싱 같은, 엘라스토머 부싱 또는 다른 유형의 현가 장차부 형태일 수 있다. 도면에 도시된 바와 같이, 위치 센서(1324)는 새시에 대한 휠 위치가 감시되고 액티브 현가 작동기의 제어를 위해 사용될 수 있도록 현가 장차 조립체와 새시 사이에 위치될 수 있다. 가속계(1326)는 휠 가속을 감시하도록 스프링 아래 질량 상에 장착될 수 있고, 가속계(들)(1328)는 새시 가속을 감시하도록 스프링 위 질량 상에 장착될 수 있다. 가속계, 회전 위치 센서 및/또는 압력 센서는 액티브 현가 하우징 내에 수용될 수 있고, 휠 및/또는 본체 이벤트를 감지하도록 차량 센서와 조합 및 구성될 수 있다. 이들 신호는 액티브 현가 작동기의 제어를 위해 사용될 수 있다. 차량 및 작동기 기반 센서의 다수의 조합은 휠 및/또는 본체 이벤트를 감지하도록 구성 및 배열될 수 있고, 액티브 현가 작동기의 제어를 위해 사용될 수 있다. 예로서, 적절한 센서 입력이 휠 가속 감지, 압력 감지, 위치 감지, 스마트 밸브 로컬 감지, 회전 모터 위치 감지, 다중 센서 전체 차량 감지, 중앙화된 IMU 센서 구조, 휠과 차축 마다의 센서의 조합 사용 및 다른 적절한 유형의 센서에 관련될 수 있다.

[0141] 도시된 스마트 밸브는 연결부(1330)를 통해 차량 전기 파워, 제어 및 센서 시스템에 전기적으로 연결된다. 소형의 통합된 액티브 현가 작동기(1304)는 전형적 패시브 및 반 액티브 댐퍼와 유사한 체적을 점유하며, 이는 차량 휠 웰 내로의 통합된 시스템의 설치를 돕는다. 도 20에 도시된 실시예에서, 스마트 밸브(1306)는 그 축(630)이 작동기 본체(632)의 축에 평행한 상태로 위치된다. 그러나, 다른 차량 위치 및 다른 가능한 용례에서의 설치를 돕기 위해 스마트 밸브의 다른 위치 및 배향도 고려된다.



- [0142] 도 21은 새시 장착식 파워 및 신호 배선 연결부를 갖는 통합된 스마트 밸브(1404)를 구비한 액티브 현가 작동기(1402)의 일 실시예의 개략적 구현예를 도시한다. 도면에 도시된 바와 같이, 작동기 및 스마트 밸브는 차량 휠(1406) 내에 배치되어 있다. 본 실시예에서, 통합된 스마트 밸브(1402, 1404)를 갖는 액티브 현가 작동기가 휠(1410)을 차량 새시(1412)에 연결하는 현가장치(1408)의 스프링 아래 부분에 부착되고 그래서, 동작 동안 차량(1412)의 새시와 스마트 밸브(1404) 사이에 상대 운동이 존재한다. 스마트 밸브의 제어기는 커넥터(1418)의 정합 쌍(들)과 하나 이상의 가요성 케이블 피그테일(1416)을 거쳐 새시 장착식 배선 하네스(1414)에 연결된다. 피그테일은 변형 경감 및 환경적 밀봉을 제공하는 하나 이상의 리드아웃 글랜드(1420)를 통해 제어기 하우징을 벗어난다. 커넥터의 정합된 쌍의 양 측부는 새시 장착식 브래킷(1422)에 부착되고, 그 케이블은 충격, 진동 또는 케이블 굴곡 중 어느 것에 기인하는 연결부를 가로지르는 임의의 운동을 최소화하도록 동일 브래킷에 연결된 변형 경감부를 포함한다. 마찬가지로 작동기 장착 스마트 밸브 제어기에 국지적 센서 및 다른 구성요소를 결선하기 위해 동일한 접근법이 사용될 수 있다.
- [0143] 도 22는 작동기 본체 상의 스마트 밸브의 대안적 위치를 도시한다. 도 13 도 15 및 도 20의 실시예에서, 스마트 밸브는 작동기 본체의 측부 상에 위치된다. 그러나, 스마트 밸브는 마찬가지로 액티브 현가 작동기 상의 다른 위치에 장착될 수 있다. 한 가지 이런 위치는 새시 부재에 고정되는 피스톤 로드(1512)의 외부 단부에 있을 수 있다. 도 22의 실시예는 차량의 일 코너에서 휠(1510) 내에서의 액티브 현가 작동기(1504)의 현가 설비(1502)를 도시한다. 현가 시스템(1502)은 휠(1510)과 새시(1508) 사이에 결합된 스마트 밸브(1506)와 통합된 액티브 현가 작동기(1504)를 포함한다. 도 22에 도시된 실시예에서, 스마트 밸브(1506)는 피스톤 로드(1512)의 외부 단부에 위치된다. 유압 모터-펌프(630)의 축은 작동기(632)의 축과 동축일 수 있으며, 새시(1508)에 연결되는 현가 장착부(1514)에 고정될 수 있다. 이러한 배열에서, 스마트 밸브 내에 수용된 유압 모터-펌프의 제1 포트 및 제2 포트는 피스톤 로드(1512)에 형성된 유압 유동 통로를 통한 작동기의 제1 챔버 및 제2 챔버와 유체 연통한다. 스마트 밸브는 차량 전기 파워, 제어 및 센서 시스템에 연결부(1516)를 통해 전기적으로 연결된다.
- [0144] 도 22에 도시된 배열은 스마트 밸브가 이제 상단 현가 장착부가 통상적으로 새시에 연결되는 현가장치의 상단에서 공간을 점유하고, 이런 다수의 차량 새시 구성은 이 영역에서 적절한 유극을 가질 때 바람직할 수 있다. 다른 장점은 스마트 밸브가 새시에 연결되지 않으면서 휠과 함께 이동하지 않으며 그에 의해, 현가장치의 스프링 아래 질량을 감소시키고 가요성 케이블에 대한 가능한 필요성을 완화시킨다는 점이다. 실시예에서 스마트 밸브가 유압 작동기와 동축으로, 그 상단 현가 장착부에 인접하게 위치되지만, 스마트 밸브가 유압 작동기의 저부 장착부에 위치되거나 그에 인접한 실시예도 고려된다.
- [0145] 도 20 및 도 15에 도시된 실시예는 상부 및 하부 현가 부재가 새시에 대해 휠 조립체를 위치시키기 위해 사용되는 현가 배열을 도시한다. 그러나, 대안 실시예에서, 통합된 스마트 밸브를 갖는 액티브 현가 작동기는 도시되지 않은 McPherson 스트럿 배열로 구성될 수 있다. 이런 배열에서, 작동기 본체 및 피스톤 로드는 휠 조립체의 위치설정 부재가 될 수 있다. 또한, 본 내용은 이에 한정되지 않으므로, 일체형 공기 스프링, 코일 스프링, 비틀림 스프링, 판/비임 스프링, 반전된 작동기, 텔레스코핑 작동기, 자가 펌핑 탑승 높이 조절 장치 같은 배열을 통합하기 위해 또는 모노튜브, 트윈 튜브 및/또는 트리플 튜브 구성 같은 대안적 작동기 배열을 통합하도록 액티브 현가 작동기를 구성하는 것이 가능할 수 있다.
- [0146] 도 23은 수요 공급식 에너지를 제공하도록 구성된 현가 시스템의 일 실시예의 개략도이다. 도면에 예시된 바와 같이, 수요 공급식 에너지 제어기(1600)는 전기 모터의 모터 입력을 제어하도록 전기 모터(1602)에 작동식으로 결합된다. 전기 모터(1602)는 유압 작동기(1606)에 결합된 유압 모터 펌프(1604)에 작동식으로 결합된다. 유압 모터-펌프(1604)의 작동은 작동기의 작동력을 생성하도록 작동기(1606)의 다양한 부분의 내외로 유체 유동을 제어한다. 또한, 시스템은 수요 공급식 에너지 제어기(1600)와 전기적으로 소통하는 적어도 하나의 센서(1608)를 포함한다. 센서는 하나 이상의 시스템 상태를 검출하도록 그리고, 수요 공급식 에너지 제어기에 해당 정보를 제공하도록 구성되며, 그래서, 제어기는 해당 센서 입력에 응답하도록 전체 현가 시스템을 제어할 수 있다. 이러한 시스템이 수요 공급식 에너지 현가 시스템에 관하여 설명되었지만, 임의의 유압 작동기는 또한 본 명세서의 임의의 위치에서 설명된 바와 같이 수요 공급식 에너지 제어 시스템을 구현할 수 있다는 것을 이해하여야 한다.
- [0147] 도 24 및 도 25는 제어기(1600), 전기 모터(1602), 유압 모터-펌프(1604) 및 유압 작동기(1606)를 역시 포함하는 현가 시스템의 실시예에 관련한다. 그러나, 도면에 도시된 바와 같이, 이들이 직접적으로 연결되거나 서로 긴밀하게 결합되는 이전 실시예와는 달리, 유압 모터-펌프(1604)와 유압 작동기(1606) 사이의 유체 연결부는 하나 이상의 밸브(1610) 및 유압 튜브 또는 호스(1612)를 포함할 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 유압 모터-펌프(1604)는 여전히 유압 작동기(1606) 부근에 위치되거나 그에 부착되며, 유압 작동기(1606) 내에 또는 그에 인

접하게 밸브(1610)를 포함한다. 그러나, 유압 모터-펌프는 유압 작동기(1606)로부터 원격 위치한 실시예가 또한 고려된다. 하나 이상의 밸브(1610) 및 유압 튜브 또는 호스(1612)의 사용에 무관하게, 전기 모터(1602)는 시스템을 동적으로 제어하고 수요 공급식 에너지를 제공하기 위해 및/또는 힘 속도 도메인의 셋 이상의 사분면에서의 제어를 위해 전술한 방식으로 여전히 제어될 수 있다.

[0148] 상술한 바에 추가로, 도 25는 또한 유압 작동기(1606)와 병렬로 위치한 댐퍼(1616) 및 유압 작동기(1606)와 직렬로 위치한 순응성 메커니즘(1614)을 포함한다. 순응성 메커니즘은 스프링(예를 들어, 코일 스프링, 공기 스프링 또는 다른 적절한 스프링) 또는 엘라스토머 부싱(예를 들어, 현가 상단 장착부 또는 저부 장착부) 또는 스프링 처럼 기능할 수 있는 임의의 다른 적절한 메커니즘일 수 있다. 추가적으로, 유압 작동기(1606) 및 순응성 메커니즘(1614) 양자 모두와 병렬로 위치한 댐퍼(1616)는 본 내용이 이에 한정되지 않으므로 반 액티브 댐퍼 또는 패시브 댐퍼 중 어느 하나일 수 있다. 역시, 전기 모터(1602)는 시스템을 동적으로 제어하고 수요 공급식 에너지를 제공하기 위해 및/또는 힘 속도 도메인의 셋 이상의 사분면 내에서의 제어를 위해 전술된 바와 같은 방식으로 여전히 제어될 수 있다. 일 실시예에서, 제어기는 본체 및/또는 휠 제어에 영향을 주도록 일체로 동작하도록 이들이 조화되도록 댐퍼(1616) 내의 하나 이상의 반 액티브 밸브 및 모터(1602)를 제어할 수 있다. 일부 실시예에서, 전기적으로 제어되고 및/또는 제어기에 의해 조화되는 하나 이상의 밸브(1610)가 포함된다. 추가적으로, 특정 실시예에서, 도시되지 않은 피스톤 헤드 상에 존재할 수 있는 압축 및 반동 블로우오프 밸브 같은 추가적 패시브 밸브가 또한 포함될 수 있다.

[0149] 일부 실시예에서, 도 24 및 도 25에 도시되고 상술된 하나 이상의 밸브(1610)는 더 상세히 후술된 바와 같이, 그리고, 도 26a 내지 도 26d에 도시된 특정 밸브 배열에 대응할 수 있다.

[0150] 도 26a는 유압 튜브 또는 호스(1612)가 직접 연결되고 하나 이상의 밸브(1610)가 사용되지 않는 실시예를 도시한다.

[0151] 도 26b는 하나 이상의 밸브(1610)가 블로우오프 밸브(1618)를 포함하는 실시예를 도시한다(이는 별개의 반동 및 압축 디그레시브(digressive) 밸브를 포함할 수 있으며, 압축 동안 사용을 위해 저부 다이버터 밸브(1622)와 반동 동안 사용을 위한 상단 다이버터 밸브(1620) 및 제1 압력 임계치 미만의 실질적 비 누설을 더 특징으로 할 수 있다). 다이버터 밸브는 유체 속도가 임계치 미만일 때 작동기 체적과 유압 모터-펌프(1604) 사이의 유체 연통을 제공하고, 유체 유동 속도 임계치가 초과될 때 바이패스 채널과 유압 모터-펌프 양자 사이의 이중적 소통을 제공한다. 바이패스 채널은 댐핑을 제공하도록 조율된 조정 밸브를 더 포함할 수 있다.

[0152] 도 26c는 하나 이상의 밸브(1610)가 유압 호스 또는 튜브(1612)를 통한 유체 유동을 제어하는 제어된 H 브리지 정류기(1624)에 대응하는 실시예를 도시한다. H 브리지 정류기(1624)는 솔레노이드 밸브 또는 다른 적절한 밸브 같은 전자 제어식 밸브를 포함한다. 추가적으로, 체크 밸브는 도시되지 않은 각 전자 제어식 밸브에 평행하게 위치될 수 있으며, 그래서, 유압 작동기(1606) 내로의 외부적 이동은 유체가 작동기 본체로부터 체크 밸브를 통해 유압 모터-펌프를 향해 이동할 수 있게 한다. 이들 역전 체크 밸브는 작동기에 대한 외부적 입력이 유압 모터-펌프(1604)의 회전을 생성하도록 재생 동작을 제공한다.

[0153] 도 26d는 하나의 유압 튜브나 호스(1612) 상에 위치한 전기 제어식 밸브(1626)와 유압 튜브 또는 호스(1612) 양자 사이의 유체 유동을 제어하는 다른 전기 제어식 밸브(1626)를 포함하는 하나 이상의 밸브(1610)의 일 실시예를 도시한다. 또한, 실시예는 작동된 압력 행정에서, 수요 공급식 유체 압력이 환형 영역(피스톤 영역에서 피스톤 로드와 제외된 영역) 상에 작용하도록, 그리고, 작동된 신장 행정에서, 수요 공급식 유체 압력이 피스톤 로드 영역 상에 작용하도록 두 개의 유압 호스 또는 튜브(1612)와 전기 제어식 밸브(1626)에 대한 유체를 제어하기 위해 다수의 패시브 체크 밸브(1628)를 포함한다. 수요 공급식 에너지 제어에 추가로 이런 밸브의 존재는 시스템의 관성 응답을 향상시키고, 단방향적 유동을 제공하고, 일부 실시예의 심각성 특성을 개선시킨다. 이런 실시예에서, 작동기 상의 힘은 유압 모터-펌프에 의해 생성된 압력으로부터 적어도 부분적으로 분리되는 작동기(1606) 내의 압력에 의해 생성될 수 있다. 유압 모터-펌프는 높은 대역폭에서(휠 당 또는 본체 이벤트 기반 같은) 동작될 수 있으며, 전자 제어식 밸브 또한 적어도 이러한 주파수로 동작할 수 있다. 특정 밸브 배열이 상술되었지만, 다른 유형의 밸브 배열을 사용한 및/또는 스마트 밸브에 의해 제공되는 것 이외의 어떠한 별개의 밸브도 사용하지 않는 실시예도 고려된다는 것을 이해하여야 한다.

[0154] 도 27은 제어기(1600), 전기 모터(1602), 유압 모터-펌프(1604) 및 유압 작동기(1606)를 역시 포함하는 현가 시스템의 일 실시예를 도시한다. 또한, 이 실시예는 유압 모터-펌프(1604)의 제1 포트와 유체 연결되는 저압 저장부 또는 축압기(1630)를 포함한다. 유압 작동기(1606)와 유압 모터-펌프(1604)의 제2 포트 사이의 유체 연결부는 하나 이상의 밸브(1610)와 유압 튜브 또는 호스(1612)를 포함할 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 유압 모

터-펌프(1604)는 여전히 유압 작동기(1606) 부근에 위치되고 그에 부착된다. 그러나, 유압 모터-펌프가 유압 작동기(1606)로부터 원격 위치되는 실시예가 또한 고려된다. 하나 이상의 밸브(1610) 및 유압 튜브 또는 호스(1612)의 사용에 무관하게, 전기 모터(1602)는 여전히 시스템을 동적으로 제어하고 수요 공급식 에너지를 제공하기 위해 및/또는 힘 속도 도메인의 셋 이상의 사분면 내에서의 제어를 위해 전술한 방식으로 제어될 수 있다. 도시된 실시예에서, 작동기는 단일 작동 작동기이며, 여기서, 하나 이상의 밸브는 단일 작동 작동기로부터 유압 모터-펌프로의 유체의 유동에 대해 점검하는 체크 밸브를 포함할 수 있다. 체크 밸브는 단일 작동 작동기로부터 유압 모터-펌프로의 유체 유동을 제어하는 전기 제어식 밸브에 병렬적일 수 있다. 다른 실시예에서, 단일 전기 제어식 밸브는 단일 작동 작동기 및 유압 모터-펌프 내외로 유체의 유동을 제어할 수 있다. 단일 작동 작동기의 비제어 측부는 대기압으로 개방될 수 있거나 저압 가스를 수용할 수 있다. 유압 연결부(1612)는 작동기의 압축 측부에 또는 단일 작동 작동기의 신장 측부에 연결될 수 있다.

[0155] 일부 실시예에서, 도 27에 도시된 시스템은 다음과 같이, 즉, 액티브 신장력을 생성하도록 제어될 수 있으며, 제어기(1600)는 전기 모터(1602)에 토크를 생성하고, 이는 유압 모터-펌프(1604)에 토크를 부여함으로써 압력을 생성한다. 펌프는 순방향으로 동작할 수 있으며, 여기서, 유압 모터-펌프로부터의 압력은 유체를 유압 모터-펌프로부터 밸브(1610)를 통해(체크 밸브가 없는 유동 경로 같은), 그리고, 작동기의 제어된 측부로 제1 방향으로 유체를 이동시킴으로써 신장 힘을 생성한다. 신장 힘은 후술된 순응성 메커니즘(1614) 상에 동작한다. 작동기가 실질적으로 낮은 힘을 제공하게 되는 압축 컴플라이언스를 생성하기 위해, 밸브(1610)는 개방되도록(전자 제어식 솔레노이드 또는 서보 밸브 같은) 제어기(1600)에 의해 제어됨으로써 유체가 작동기의 제어된 측부로부터 유압 모터-펌프(1604)로, 그리고, 저장부(1630) 내로 유체가 유동할 수 있게 한다. 이 경우에, 전기 모터는 재생 동작 모드에서 모터로부터 제어기로 유동할 수 있도록 역구동된다. 일 제어 모드에서, 전기 모터는 작동기의 제어된 측부로부터 저장부(1630)로 능동적으로 유체를 펌핑하도록 유압 모터-펌프를 제어할 수 있다. 모터 내의 토크를 동적으로(일부 실시예에서는 1610에서 밸브와 연계하여) 제어함으로써, 순간적 힘이 현가장치에 제공될 수 있다.

[0156] 다른 실시예에서, 도 27의 시스템은 보유력이 전기 모터(1602)를 직접적으로 제어함으로써 달성되도록 어떠한 밸브(1610)도 없이 달성될 수 있다. 그러나, 밸브를 사용하는 한가지 가능한 이득은 저 에너지 보유력 동작을 제공하는 것이다.

[0157] 상술한 바에 추가로, 도 27은 또한 유압 작동기(1606)와 직렬로 위치된 순응성 메커니즘(1614)과 유압 작동기(1606)와 병렬로 위치된 댐퍼(1616)를 포함한다. 순응성 메커니즘은 스프링(예를 들어, 코일 스프링, 공기 스프링 또는 다른 적절한 스프링) 또는 엘라스토머 부상(예를 들어, 현가 상단 장착부 또는 저부 장착부) 또는 스프링 처럼 기능할 수 있는 임의의 다른 적절한 메커니즘일 수 있다. 추가적으로, 유압 작동기(1606) 및 순응성 메커니즘(1614) 양자 모두와 병렬로 위치되는 댐퍼(1616)는 본 내용이 이에 제한되지 않으므로 반 액티브 댐퍼 또는 패시브 댐퍼 중 어느 하나일 수 있다. 역시, 전기 모터(1602)는 여전히 시스템을 동적으로 제어하고 수요 공급식 에너지를 제공하기 위해, 및/또는 힘 속도 도메인의 셋 이상의 사분면 내의 제어를 위해 전술된 방식으로 제어될 수 있다.

[0158] 도 28은 본 명세서에 설명된 바와 같은 수요 공급식 에너지 유동을 제공할 수 있는 액티브 현가 시스템의 일 실시예를 위한 제어 및 조율 체계를 도시하는 그래프이다. 힘 속도 도메인의 4개 사분면 내에서 동작하는 것에 추가하여, 그래프는 또한 롤 유지력, 압력 블로우오프(압축 및 반동 각각을 위한 개별 밸브일 수 있음), 고속 밸브(본 명세서의 임의의 위치에 설명된 다이버터 밸브 같은) 및 소프트웨어 파워 한계(모터 제어기의 최대 전류 또는 최대 전류 시간 속도를 제어하는 것 같은)에 대응하는 영역을 나타낸다. 이들 다양한 개념은 임의의 위치에서 더 상세히 설명된다.

[0159] 일부 실시예에서, 유압 작동기 및/또는 현가 시스템은 단일 액티브 현가 시스템 조건을 위해 사용될 수 있는 전압 레벨을 갖는 에너지 버스를 사용하는 전자장치 구조와 연계된다. 예로서, 수요 공급식 에너지 전달을 갖는 액티브 현가장치는 약 40과 50 볼트 사이에서 동요하는 느슨하게 조정된 DC 버스에 의해 파워공급될 수 있다. 버스가 하부 임계치, 예로서, 42 볼트 미만일 때, 각 작동기를 위한 액티브 현가 제어기는 더 효율적 상태에서 동작함으로써 그 에너지 소비를 감소시켜 그것이 명령하는 힘의 양을 감소시키고 및/또는 그것이 얼마나 길게 힘을 명령하는지를 감소시킬 수 있다(예를 들어, 롤 이벤트 동안, 제어기는 에너지를 절약하기 위해 안티-롤 이동을 완화시킴으로써 차량이 점증적으로 기울어지게 할 수 있다). 추가적으로, 더 낮은 전압은 작동기가 에너지 회수가 가능한 경우 재생 모드를 향해 바이어스하도록 액티브 현가 작동기를 신호할 수 있다. 유사하게, 고 전압이 검출될 때, 작동기는 에너지 회복을 감소시킬 수 있거나 과전압 상태를 방지하기 위해 모터의 권선에서 댐핑 에너지를 소산시킬 수 있다. 본 실시예가 임계치를 사용하여 설명되었지만, 또한, 액티브 현가장치가 그



파워 버스의 전압의 일부 함수로서 단순히 제어되는 연속적 방식으로 구현될 수도 있다. 이런 시스템은 다수의 단점을 가질 수 있다. 예로서, 전압이 동요할 수 있게 하는 것은 버스 상의 슈퍼 커패시터 같은 특정 에너지 저장 메커니즘의 사용가능한 용량을 증가시킨다. 또한, 시스템에서의 데이터 연결의 수를 감소시키거나 CAN 같은 데이터 접속을 거쳐 전송될 필요가 있는 데이터의 양을 감소시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 파워 버스는 휠 명령 및 센서 값 같은 데이터를 전송하기 위해서 파워 라인 변조 체계의 다양한 통신을 통해서 데이터를 전송하기 위해서도 사용될 수 있다.

[0160] 다른 실시예에서, 상술한 바와 같은 액티브 현가장치는 차량의 주 전기 시스템으로부터 다른(예를 들어, 그보다 높은) 전압에서 동작하는 차량 고 파워 전기 시스템과 연계된다. 예로서, 다수의 액티브 현가 파워 유닛은 고 파워 버스와 차량의 전기 시스템 사이의 DC/DC 컨버터를 갖는 48 볼트 같은 전압에서 동작하는 공통 고 파워 전기 버스로부터 에너지공급될 수 있다. 액티브 현가장치에 추가로 다수의 장치가 예로서, 전기 파워 조향(EPS) 같은 이 버스로부터 파워공급될 수 있다. 이런 실시예에서, 고 파워 버스는 두 개의 버스 사이의 변압기-기반 DC/DC 컨버터를 사용하여 차량의 주 전기 시스템으로부터 갈바닉적으로 격리된다. 일부 실시예에서, 고 파워 전기 시스템은 일부 범위 내에서의 전압 스위칭을 가능하게 하는 장치에 의해 느슨하게 조정될 수 있다. 일부 실시예에서, 고 파워 전기 시스템은 커패시터 및/또는 재충전가능한 배터리 같은 에너지 저장부의 적절한 형태에 작동식으로 연결될 수 있다. 이들 에너지 저장 장치는 버스에 직접적으로 연결되고 접지에 레퍼런스될 수 있거나; 차량 전기 시스템과 고 파워 전기 시스템 사이에 연결되거나; 또는 보조 DC/DC 컨버터를 통해 연결될 수 있다. 예로서, 차량 전기 시스템, 하이 파워 버스 및 에너지 저장부에 연결되는 스플릿 DC/DC 컨버터를 포함하는 특정 다른 연결부가 또한 존재할 수 있다.

[0161] 이론에 구속되지 않고, 차량의 전기 시스템에 독립적인 파워 버스와 액티브 현가장치를 조합하는 것은 다수의 장점을 제공할 수 있다. 먼저, 차량의 전기 시스템은 현가 작동기 같은 고 파워 소비장치로부터의 전기 노이즈 및 전압 스파이크로부터 격리될 수 있다. DC/DC 컨버터는 또한 너무 많은 부하가 차량 전기 시스템에 과부담을 주지 않도록 동적 에너지 제한기를 사용하도록 구성될 수 있다. 차량의 전기 시스템보다 높은 전압에서 하이 파워 버스를 운용함으로써, 이 시스템은 또한 모터 권선과 파워 케이블 내의 전류 유동을 감소시킴으로써 더욱 효율적으로 동작할 수 있다. 또한, 액티브 현가 작동기는 주어진 모터 권선을 위한 더 높은 속도에서 동작할 수 있다.

[0162] 일부 실시예에서, 상술한 현가 시스템은 충돌 또는 위험 차량 상황 동안 차량의 안전을 향상시키기 위해 현가 시스템을 제어하도록 구성된 액티브 안전 시스템과 연계된다. 일 예시적 실시예에서, 현가 시스템은 차량의 운전자와 승객에 대한 부정적 충격을 최소화하거나 구겨진 구역을 최대화하도록 장애물(예로서, 정지된 SUV 전방)과 차량의 범퍼가 충돌하는 것을 보증하기 위해 임박한 충돌이 검출될 때 차량 높이 조정을 전달하도록 제어된다. 이런 실시예에서, 현가장치는 임의의 종류의 충돌 전 또는 충돌 후 시나리오 동안 성능을 최적화하도록 설정된 탑승 높이로 조절할 수 있다. 다른 실시예에서, 현가 시스템은 ABS 제동 이벤트 또는 전자 안정성 프로그램(ESP) 이벤트 동안 트랙션을 향상시키기 위해 도로 동역학에 타이어나 휠 힘을 조절할 수 있다. 예로서, 휠은 접착력을 일시적으로 증가시키도록(차량의 수직 관성을 활용함으로써) 지면을 향해 추진될 수 있다. 본 개시 내용이 이에 한정되지 않으므로, 이는 사전결정된 기간 동안 지속되거나 다수의 더 짧은 기간에 걸쳐 맥동할 수 있다.

[0163] 상술한 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 현가 시스템은 임박한 안정성 위협에 대응하기 위해 이벤트당 기반으로 현가장치에 의해 전달되는 성능 및 에너지를 급속히 변경시키기 위해 사용될 수 있다. 약 100 ms 이하에서 보정 작용이 종종 발생하는 경우 액티브 시스템과 조합하여 이들 현가 시스템의 급속 응답 시간 특성을 활용함으로써, 높이, 휠 위치 및 휠 트랙션 같은 차량 동역학은 신속히 조정될 수 있고 차량 안정성을 증가시키도록 차량 상에서 다른 안전 시스템 및 제어기와 일체로 동작할 수 있다.

[0164] 일 특정 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 현가장치는 다른 장점들 중에서 쾌적성을 증가시키기 위해 액티브 트럭 캡 안정화 시스템으로서 사용된다. 유럽 디자인 트럭을 향해 준비된 일 실시예에서, 4개 유압 작동 시스템은 캐빈과 중량 트럭의 새시 사이에 배치된다. 도 5에 도시된 스프링 및 작동기와 유사하게 스프링은 각 작동기(즉, 코일 스프링, 공기 스프링 또는 판 스프링 등)와 병렬로 배치되고, 각 조립체는 캐빈의 코너에 대략적으로 배치된다. 캐빈 및/또는 새시 감지 이동부 상의 센서 및 액티브 현가장치를 제어하는 제어 루프는 캐빈을 대략 평준하게 유지하도록 작동기에 명령한다. 북미 디자인 트럭의 실시예에서, 2개 작동기는 캐빈의 후방에서 사용되며, 캐빈의 전방은 새시에 힌지결합되어 있다. 일부 실시예에서, 이런 현가장치는 요, 피치 및/또는 롤의 더 큰 컴플라이언스를 가능하게 하도록 변형된 힌지 및 부싱을 포함할 수 있다. 관련 실시예에서, 이러한 유형의 유압 작동기를 포함하는 현가 시스템은 예로서, 트럭 부하에 전달되는 진동을 감소시키도록 격리



된 트럭 베드 또는 트레일러 상에 같은 다른 적절한 용례에 적용될 수 있다. 여기서, 시스템은 캡을 안정화하기 위해 두 개의 액티브 작동기를 사용할 수 있다. 시스템은 캡 이동을 감지 또는 예측하기 위해 복수의 센서(예를 들어, 가속계) 및/또는 차량 데이터(예를 들어, 조향 각도)를 사용하고, 제어 시스템은 캡을 안정화하기 위해 작동기에 명령을 전송한다. 이런 캡 안정화는 쾌적성의 현저한 개선을 제공하고, 트럭의 정비 요건을 감소시킬 수 있다.

[0165] 다른 관련 실시예에서, 단일 유압 작동기는 예로서, 트럭 시트 같은 현가된 시트에 결합될 수 있다. 본 실시예에서, 시트는 공기 스프링 같은 순응성 장치 상에 올려지고, 작동기는 이러한 순응성 장치에 병렬로 연결된다. 센서는 가속을 측정하고, 시트 상에 앉은 개인에 대한 히브 입력을 감소시키도록 동적으로 시트 높이를 제어한다. 일부 경우에, 작동기는 서로 다른 방향의 운동에 영향을 주기 위해 수직 축을 벗어나 배치될 수 있다. 기계적 안내부를 사용함으로써, 이 운동은 선형 운동에 제한되지 않을 수 있다. 추가로, 다수의 작동기는 시트의 이동을 제어하기 위한 하나보다 많은 자유도를 제공하도록 사용될 수 있다.

[0166] 액티브 현가장치를 포함하는 장거리 수송 트럭은 운전자 쾌적성을 향상시키고 운전자 피로를 감소시킴으로써 특히 유익할 수 있다. 수요 공급식 에너지 전달을 갖는 액티브 현가장치를 사용함으로써, 시스템은 더 작고, 통합이 더 용이하고, 응답 시간이 더 신속하며, 더 에너지 효율적일 수 있다.

[0167] 다른 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 현가 시스템은 정적인 탑승 높이가 압축 공기를 포함하는 챔버에 의해 공칭적으로 제공되는 공기 스프링 현가장치와 연계된다. 이런 일 실시예에서, 현가 시스템의 유압 작동기는 표준 유압 트리플 튜브 댐퍼에 통합되며, 상술된 바와 같은 하우징과 통합되거나 통합되지 않을 수 있는 측부 장착식 유압 모터-펌프 및 전기 모터를 갖는다. 유압 모터-펌프 및 전기 모터는 절첩되는 벨로우즈를 갖는 에어백이 하우징의 상부 부분 상에서 작동기 둘레에 설치될 수 있도록 작동기 본체의 베이스를 향해 변위될 수 있다. 이런 실시예에서, 표준 공기 현가 에어백은 유닛의 상단을 향해 작동기 본체 주변에 배치될 수 있다. 다른 실시예에서, 현가 시스템은 저부 부근에서 유압 작동기 하우징을 벗어나고 유압 모터-펌프와 전기 모터를 포함하는 외부 파워 팩을 향해 이어지는 호스를 포함한다. 이 때문에, 공기 스프링과 액티브 현가 작동기의 물리적 구조는 역시 하우징의 상단에 결합될 수 있다.

[0168] 관련 실시예에서, 공기 현가 시스템과 현가 시스템을 위한 제어 시스템은 서로 전기적으로 소통되거나 함께 통합될 수 있다. 이런 실시예에서, 공기 현가장치의 공기 압력은 현가 시스템의 유압 작동기의 명령된 힘과 결합적으로 제어될 수 있다. 이런 조합된 제어는 전체 공기 스프링 시스템을 위한 것일 수 있거나, 스프링 당(휠 당) 기반으로 구현될 수 있다. 이러한 제어의 주파수는 일반적 도로 조건에 기초 및/또는 이벤트 당 기반일 수 있다. 일반적으로, 액티브 현가 작동기의 응답 시간은 공기 스프링의 것보다 신속하지만, 공기 스프링은 주어진 탑승 높이 또는 롤 힘의 유지시 에너지 소비에 관하여 더 효율적일 수 있다. 이 때문에, 제어기는 수요 공급식 에너지 시스템에서 순간적으로 에너지를 증가시킴으로써 급속한 이벤트를 위한 액티브 현가장치를 제어할 수 있으며, 동시에, 그 공기 스프링의 압력을 증가 또는 감소시켜서 저 주파수에서이기는 하지만 공기 스프링이 효율적으로 수요 공급식 에너지 전달 장치가 되게 한다. 스프링 힘을 동적으로 변경하기 위해 제어될 수 있는 공기 스프링과 수요 공급식 에너지를 사용하는 액티브 현가장치의 제어된 양태를 조합함으로써 현가장치에서 더 큰 힘이 달성될 수 있고, 조정이 더 효율적으로 이루어질 수 있고, 전체 탑승 경험이 개선될 수 있다.

[0169] 일부 실시예에서, 본 명세서에 설명된 바와 같은 현가 시스템은 차량 내의 하나 이상의 안티-롤 바아와 결합된다. 일 특정 실시예에서, 표준 기계적 안티-롤 바아가 두 개의 전방 휠 사이에 부착되고 두 개의 후방 휠 사이에 두 번째가 부착된다. 다른 실시예에서, 교차 결합된 유압 롤 바아(또는 작동기)는 전방 좌측과 후방 우측 휠 사이에 부착되며, 그후, 전방 우측과 후방 좌측 휠 사이에 나머지가 부착된다. 액티브 현가장치는 종종 휠 이벤트 동안 롤 바아에 상쇄작용하기 때문에, 효율 및 성능 이유로 롤 바아를 완전히 제거하거나(수요 공급식 에너지를 갖는 에너지 현가장치가 유일한 차량 롤 바아로서 작용함) 신규한 롤 바아 디자인을 부착하는 것이 바람직할 수 있다. 일 실시예에서, 크기축소된 안티 롤 바아가 휠 사이에 배치되며, 그래서, 바아에 더 큰 양의 스프링 컴플라이언스가 존재한다. 다른 실시예에서, 히스테리시스를 갖는 안티 롤 바아는 두 개의 전방 및/또는 두 개의 후방 휠 사이에 배치된다. 이런 시스템은 롤 바아의 중심에 회전점을 갖는 표준 롤 바아에서 달성될 수 있으며, 두 한계 사이에서, 바아의 두 단부는 자유롭게 비틀릴 수 있다. 비틀림이 소정 각도에 도달할 때, 한계가 도달되고, 비틀림은 강성화될 수 있다. 이 때문에, 레벨로부터 일부 음의 비틀림 및 일부 양의 비틀림 사이의 특정 각도에 대하여, 바아는 자유롭게 이동할 수 있다. 각 측부 상의 임계치가 도달되고 나면, 비틀림은 더욱 곤란해지게 된다. 이런 시스템은 한계의 결합이 점진적이라도(예로서, 한계 각도에 도달하기 이전에, 스프링이 결합되고 비틀림 저항력이 증가함) 및/또는 댐핑되도록(예를 들어, 동적 기계적 마찰 또는 유체

메커니즘을 사용) 스프링 또는 회전 유체 댐퍼를 사용함으로써 추가로 개선될 수 있다.

[0170] 다른 실시예에서, 현가 시스템은 액티브 롤 안정화 시스템과 결합될 수 있다. 액티브 롤 안정화 시스템은 유압식, 전자기식 또는 임의의 다른 적절한 구조 중 어느 하나일 수 있다.

[0171] 본 명세서에서 설명된 바와 같은 현가 시스템, 그리고, 특히, 액티브 현가장치와 연계하여 안티 롤 바아 기술 및/또는 액티브 롤 안정화기 시스템을 사용하는 것은 롤 힘이 가장 크고 현가 작동기의 최대 힘 기능을 초과할 수 있는 높은 측방향 가속을 차량이 받을 때 특히 유익할 수 있다. 따라서, 현가 시스템에 비해 더 높은 가속, 롤 힘 레벨 및/또는 롤 각도에서 주로 동작하는 액티브 롤 안정화기 시스템 및/또는 안티 롤 바아 기술을 구현함으로써, 롤 성능이 개선될 수 있다. 차량 롤을 완화시키는 것을 돕기 위해 다수의 기술이 개시되어 있지만, 현가장치를 보완하기 위해 안티 롤 힘을 제공하는 다수의 적절한 장치 및 방법이 존재하기 때문에 본 개시 내용은 이에 한정되지 않는다.

[0172] 상술한 바와 같이, 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템 중 어느 하나를 위한 급속 응답 시간을 제공하는 것이 바람직하다. 그러나, 이론에 구속되지 않고, 작동 시스템 자체 및 그와 관련된 구성요소의 관성은 시스템의 응답을 제한하는 관성력에 기인하여 신속하게 응답하는 기능에 영향을 줄 수 있다. 결과적으로, 일부 실시예에서, 시스템의 응답에 대한 시스템 관성의 영향을 완화시키는 것이 바람직하다. 더 상세히 후술된 바와 같이, 이는 다양한 방식으로 달성될 수 있다.

[0173] 일부 실시예에서, 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템은 이들 요소를 가속시키고, 따라서, 시스템 응답 시간을 증가시키기 위해 필요한 에너지의 양을 감소시키기 위해 저 관성 재료로 이루어진 회전 요소를 포함한다. 예로서, 유압 펌프 및/또는 모터 샤프트는 회전 관성을 감소시키기 위해 낮은 질량을 갖는 가공된 플라스틱으로 제조될 수 있다. 이는 또한 작동기의 고 주파수 입력의 전달능을 감소시킴으로써(즉, 휠 상의 고속 입력으로 등급화된 도로) 포지티브 용적 펌프를 포함하는 시스템에 대해 추가적 이득을 가질 수 있다. 다른 예시적 실시예에서, 시스템은 제로터 같은 저 관성 유압 모터-펌프를 포함할 수 있다. 또한, 유압 펌프에 결합된 전기 모터는 또한 모터의 세장형의 그러나 좁은 직경 로터를 사용하는 것에 의한 것 같은 낮은 관성을 가질 수 있다. 한 가지 이런 실시예에서, 로터의 직경은 로터의 높이보다 작다. 추가적으로, 시스템은 회전 조립체의 시동 마찰을 감소시키기 위해 베어링, 저 시동 토크 유압 모터-펌프 또는 유체역학적 베어링 같은 특징을 사용할 수 있다.

[0174] 다른 실시예에서, 유압 작동 시스템 또는 현가 시스템은 관성 영향을 완화시키는 것을 돕도록 직렬로 위치한 관성 버퍼를 포함한다. 관성 버퍼는 유압 작동기 외부에 위치되거나 본 내용은 이에 한정되지 않으므로 유압 모터에 통합될 수 있다. 관성 버퍼는 다수의 다른 방식으로 구현될 수 있다. 예로서, 관성 버퍼는 유압 모터-펌프, 유압 모터-펌프와 병렬로 배열된 적절하게 크기설정된 오리피스, 유압 모터-펌프와 전기 모터 사이의 탄성 커플링, 피스톤 헤드와 작동기 본체 사이에 위치한 댐퍼와 스프링 조합, 액티브 부상 및/또는 전기 모터, 유압 모터-펌프 및/또는 유압 작동기의 이동을 서로 적어도 부분적으로 분리시킬 수 있는 임의의 다른 적절한 장치 또는 구성 주변의 유체 누설로서 구현될 수 있다.

[0175] 또 다른 실시예에서, 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템은 시스템의 관성의 예측 및 보상 양자 모두를 위한 알고리즘을 사용하여 제어된다. 이런 실시예에서, 알고리즘은 전기 모터 및/또는 유압 모터-펌프의 관성을 예측하고, 시스템의 응답에 대한 관성의 영향을 적어도 부분적으로 감소시키도록 전기 모터의 모터 입력, 예를 들어, 모터 토크를 제어한다. 예로서, 전기 모터에 작동식으로 결합된 유압 모터-펌프를 포함하는 유압 액티브 현가장치에 대하여, 휠에 대한 급속한 포트홀 타격은 유압 유체 압력의 쇄도를 생성하고, 유압 모터-펌프와 전기 모터를 가속한다. 그러나, 본 경우에 유압 모터-펌프와 전기 모터인 회전 요소의 관성은 이러한 가속을 저지하여 작동기에 힘을 생성한다. 이러한 힘은 휠의 컴플라이언스를 상쇄한다. 이는 차량의 탑승의 심각성을 생성하고, 불안정할 수 있다. 대조적으로, 예측 분석 알고리즘을 채용하는 시스템은 다양한 회전 요소의 관성을 액티브 현가 제어에 인자화하고, 가속 이벤트 동안 바람직한 토크보다 낮은 모터 토크를 명령하고, 감속 이벤트 동안 원하는 토크보다 높은 토크를 명령할 수 있다. 원하는 토크(차량 동적 알고리즘으로부터 출력된 제어 같은)와 모터의 명령 토크 사이의 델타는 로터 또는 작동기 가속의 함수이다. 추가적으로, 로터의 질량 및 물리적 특성은 알고리즘에 통합될 수 있다. 일부 실시예에서, 가속은 현가장치 상의 하나 또는 두 개의 서로 차동 가속계에 의해 또는 회전 속도 센서(도함수를 취함으로써)로부터 계산된다. 일부 경우에, 관성 완화 알고리즘을 채용하는 제어기는 능동적으로 질량을 가속할 수 있다.

[0176] 이론에 구속되지 않고, 제로터 같은 특정 유압 모터 펌프는 동작 동안 압력 리플을 생성한다. 동작 주파수에 따라서, 이 압력 리플은 가청적으로 또는 물리적으로 인지할 수 있는 진동을 초래할 수 있다. 결론적으로, 일

부 실시예에서, 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템은 적절한 리플 소거 방법 및/또는 장치를 포함할 수 있다. 예로서, 전기 모터의 모터 입력은 압력 리플과 유사하지만 위상으로부터 180도 벗어난 프로파일을 갖는 가변적 압력을 생성하도록 제어될 수 있다. 다른 예시적 실시예에서, 압축 매체를 포함하는 챔버와 소통하는 위치 타이밍조정 포트는 압력 리플을 감소시키기 위해 사용된다. 본 개시내용이 여기에 한정되지 않으므로 압력 리플을 감소시키는 다른 방법이 또한 사용될 수 있다.

[0177] 예 : 휠 이벤트에 응답한 액티브 현가 시스템 제어

[0178] 도 8은 감지된 본체 가속(400)으로부터 결정된 휠 이벤트에 응답하여 갱신되는 액티브 현가 모터 토크(402) 제어 시스템을 예시한다. 차트에서 볼 수 있는 바와 같이, 명령된 모터 토크(402)에 대한 변화는 회전, 제동 등 같은 운전자 입력과 범프, 언덕 및 포트홀 같은 휠 이벤트에 의해 유발되는 본체 가속(400)에 대해 제공된 시간 기간에 걸쳐 유사한 주파수로 발생한다.

[0179] 도 9는 시간 대신 주파수에 관하여 동일한 데이터를 도시한다. 주파수에 관한 모터 토크(408) 크기 명령의 형상은 주파수에 관한 본체 가속(406) 크기의 형상을 대략 추종한다. 제어 알고리즘의 이러한 트레이스는 적어도 휠 이벤트가 발생하는 것 만큼 높은 주파수로 갱신되는 명령된 모터 토크 뿐만 아니라, 모터 토크 크기와 본체 가속 크기 사이의 높은 상관관계도 존재한다는 것을 예시한다.

[0180] 예 : 시스템 고유 주파수 편차

[0181] 일부 실시예에서 상술한 바와 같이, 페루프 제어 시스템에서 동작하도록 시스템의 기능에 직접적으로 영향을 주기 때문에 명령에 신속히 응답하는 것이 유압 작동 시스템 및/또는 현가 시스템에 대해 바람직하다.

[0182] 도 10을 참조하면, 피드백 루프에서, 외부 명령(500)을 수신하고, 원하는 출력(502)을 명령하는 시간 및 504에서 순차적으로 응답하는 물리적 시스템은 전체 시스템이 제어될 수 있는 최대 주파수에 영향을 준다(그 대역폭). 이는 응답 시간에 추가로, 이는 후속 감지와 연계되고, 페루프 명령 구조를 사용하여 원하는 출력을 508에서 획득하도록 506에서 명령한다. 따라서, 그리고, 이론에 구속되지 않고, 고 주파수 입력에 응답하기 위한 페루프 시스템의 기능(이들을 배제하거나 이들에 후속하여)은 작동기의 응답 시간에 의해 부분적으로 제한된다.

[0183] 시스템 응답 시간은 다수의 다양한 방식으로 특징지어질 수 있지만 결과적 작동기 출력이 해당 명령에 도달할 때의 시간과 명령 변화 사이의 시간으로서 가장 빈번하게 설명된다.

[0184] 도 11에 예시된 바와 같이, 물리적 시스템의 응답 시간은 출력이 해당 명령 변화의 결과로서 그 안정적 상태 값의 90%에 도달하는 시간( $t_{90}$ )과 명령 변화 사이의 시간( $t_0$ )으로서 일반적으로 특징지어진다.

[0185] 다수의 일반적 유형의 작동기는 적어도 2차 시스템으로서 특징지어질 수 있으며, 명령된 입력에 의해 나누어진 작동기의 힘 또는 토크 출력은 이하의 수학적식에 의해 주파수의 함수로서 특징지어질 수 있다.

[0186] 
$$\frac{\text{응답}}{\text{명령}} = \frac{\text{이득}}{s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2}$$

[0187] 여기서,  $s$ 는 복소 주파수 변수이고,  $\xi$ 는 시스템 댐핑이고,  $\omega$ 는 시스템의 고유 주파수이다. 2차 시스템이 상술되었지만, 이는 모델링 편의성을 위해 이루어진 것이며, 더 고차 모델을 포함하는 다른 모델도 사용될 수 있다.

[0188] 예시적 보드 다이어그램이 도 12에 제공되어 있으며, 단순한 2차 시스템을 위한 예측된 주파수 응답을 예시한다.

[0189] 예로서, 역구동가능한 유압 모터-펌프에 작동식으로 결합되고 유압 피스톤에 결합되는 전기 모터를 포함하는 전기유압 액티브 현가 작동기에서, 시스템은 그 반사 관성, 그 시스템 컴플라이언스 및 고유 시스템 댐핑을 통해 특징지어질 수 있다.

[0190] 이 시스템의 전달 함수는 이제 다음과 같아진다.

$$\frac{\text{힘}}{\text{토크}} = \frac{n}{s^2 + 2B \sqrt{\frac{K}{Jn^2}} s + \frac{K}{Jn^2}}$$

[0191]

[0192] 여기서, s는 역시 복소 주파수 벡터이고, B는 고유 시스템 댐핑이고, 1/K는 전체 컴플라이언스(즉, 시스템 강성도 K의 역수)이고, J는 전체 시스템 관성이며, n은 운동 비율이다. 통상적으로 다음과 같은 비율이다.

$$\sqrt{\frac{K}{Jn^2}}$$

[0193]

[0194] 이론에 구속되지 않고, 이 비율은 통상적으로  $2\pi f$ 와 같은 것으로서 규정되며, 여기서, f는 고유 주파수이다. 이 비율은 또한 시스템의 전체 포텐셜 에너지와 전체 운동 에너지가 크기가 동일해지는 주파수로서 규정되며, 따라서, 입력 또는 교란에 대한 시스템의 응답 동안의 절충될 수 있다. 추가적으로, 2차 시스템의 응답 시간은 고유 주파수에 직접적으로 비례하고, 응답 시간은 오버샷이 감소하는 동안 시스템 댐핑 함께 증가한다는 것을 볼 수 있다. 현용의 액티브 현가 시스템 디자인에서, 약 30 Hz의 고유 주파수는 약 10 ms 미만의 응답 시간을 제공한다.

[0195] 상술한 바와 같이, 일부 실시예에서, 액티브 현가 시스템 및/또는 유압 작동 시스템을 위한 응답 시간은 원하는 성능을 제공하기 위해 약 150 ms 미만일 수 있고, 이는 약 2 Hz보다 큰 시스템 고유 주파수 또는 시스템 컴플라이언스와 반사 시스템 관성의 곱의 적 또는 대안적으로 약 0.0063 미만의 시스템 강성도에 대한 반사 시스템 관성의 비율을 의미한다.

[0196] 예 : 고유 주파수 디자인 변동

[0197] 표 I 내지 III은 약 2 Hz 내지 100 Hz 사이의 범위의 고유 주파수를 위한 시스템 강성도에 대한 반사 시스템 관성의 비율을 나타낸다. 추가적으로, 이 표들은 주어진 특정 반사 시스템 관성, 강성도 및/또는 운동 비율에서 원하는 고유 주파수를 위한 서로 다른 디자인 변동을 제공한다. 구체적으로, 표 I은 다양한 고유 주파수를 위한 20 kg의 주어진 반사 시스템 관성을 위한 시스템 강성도의 변동을 나타낸다. 표 II는  $5 \times 10^5$  N/m의 시스템 강성도와 600 rad/m의 주어진 운동 비율을 위한 시스템 관성의 변동을 나타낸다. 표 III은  $5 \times 10^5$  N/m의 주어진 시스템 강성도와,  $5 \times 10^{-5}$  kg m<sup>2</sup>의 시스템 관성을 위한 운동 비율의 변동을 나타낸다. 이들 디자인 기준의 특정 예시적 조합이 후술되어 있지만, 본 내용은 이들 파라미터에만 한정되지 않으며, 후술된 것들보다 크고 작은 양자 모두의 시스템 관성, 운동 비율 및 강성도를 포함하는 시스템이 또한 고려된다는 것을 이해하여야 한다.

표 1

[0198]

| 고유 주파수(Hz) | $Jn^2/K$ (s <sup>2</sup> ) | $Jn^2$ (kg) | K (N/m) |
|------------|----------------------------|-------------|---------|
| 2          | 6.3E-03                    | 20          | 3.2E+03 |
| 5          | 1.0E-03                    | 20          | 2.0E+04 |
| 10         | 2.5E-04                    | 20          | 7.9E+04 |
| 20         | 6.3E-05                    | 20          | 3.2E+05 |
| 30         | 2.8E-05                    | 20          | 7.1E+05 |
| 40         | 1.5E-05                    | 20          | 1.3E+06 |
| 50         | 1.0E-05                    | 20          | 2.0E+06 |
| 100        | 2.5E-06                    | 20          | 7.9E+06 |

표 2

[0199]

| 고유 주파수(Hz) | $Jn^2/K$ (s <sup>2</sup> ) | n (rad/m) | K (N/m) | J (kg m <sup>2</sup> ) |
|------------|----------------------------|-----------|---------|------------------------|
| 2          | 6.3E-03                    | 600       | 5.0E+05 | 8.8E-03                |
| 5          | 1.0E-03                    | 600       | 5.0E+05 | 1.4E-03                |



|     |         |     |         |         |
|-----|---------|-----|---------|---------|
| 10  | 2.5E-04 | 600 | 5.0E+05 | 3.5E-04 |
| 20  | 6.3E-05 | 600 | 5.0E+05 | 8.8E-05 |
| 30  | 2.8E-05 | 600 | 5.0E+05 | 3.9E-05 |
| 40  | 1.6E-05 | 600 | 5.0E+05 | 2.2E-05 |
| 50  | 1.0E-05 | 600 | 5.0E+05 | 1.4E-05 |
| 100 | 2.5E-06 | 600 | 5.0E+05 | 3.5E-06 |

표 3

| 고유 주파수(Hz) | $Jn^2/K (s^2)$ | K (N/m) | J (kg m <sup>2</sup> ) | n (rad/m) |
|------------|----------------|---------|------------------------|-----------|
| 2          | 6.3E-03        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 7962      |
| 5          | 1.0E-03        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 3185      |
| 10         | 2.5E-04        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 1592      |
| 20         | 6.3E-05        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 796       |
| 30         | 2.8E-05        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 531       |
| 40         | 1.6E-05        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 398       |
| 50         | 1.0E-05        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 318       |
| 100        | 2.5E-06        | 5.0E+05 | 5.0E-05                | 159       |

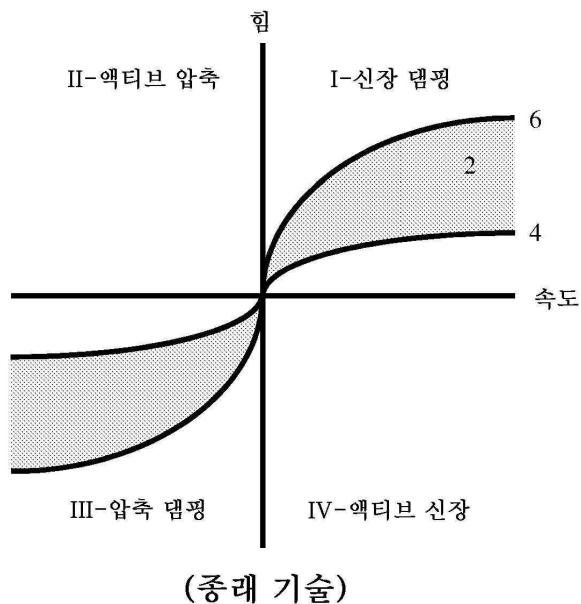
[0200]

[0201]

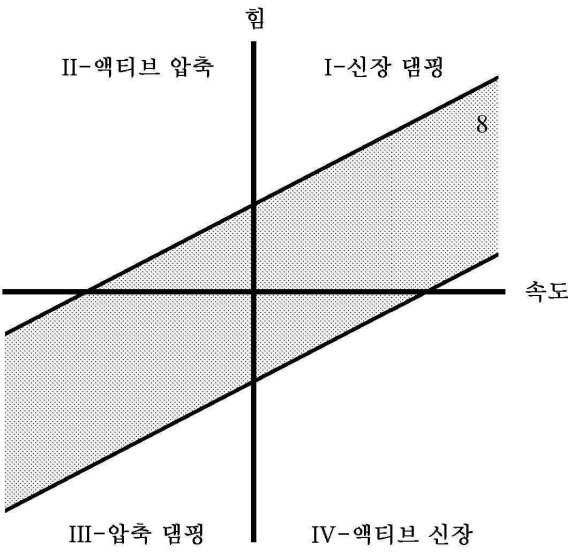
본 교시가 다양한 실시예 및 예와 연계하여 설명되어 있지만, 본 교시는 이런 실시예 또는 예에 한정되는 것을 의도하지 않는다. 대조적으로, 본 교시는 본 기술 분야의 숙련자들이 알 수 있는 바와 같이 다양한 대안, 변경 및 균등물을 포함한다. 따라서, 이하의 설명 및 도면은 단지 예이다.

## 도면

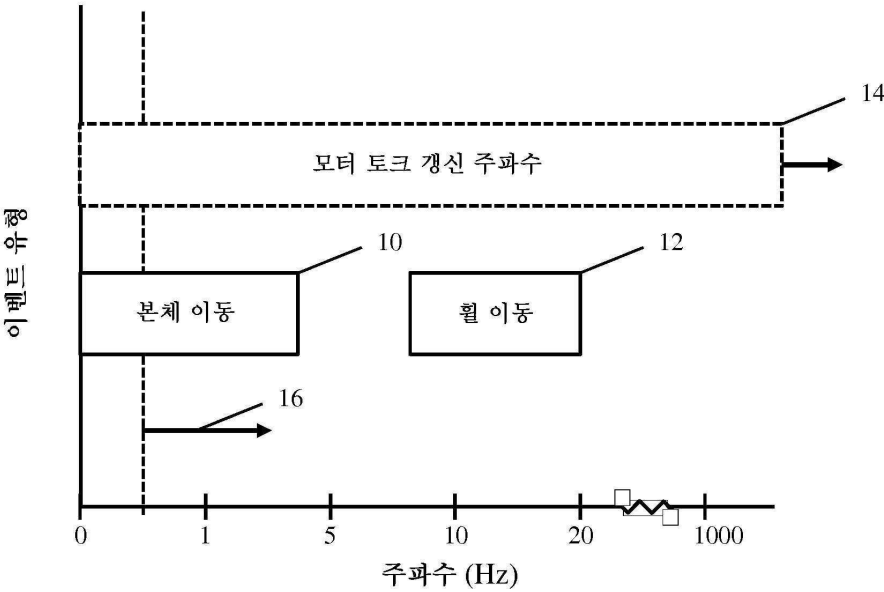
### 도면1



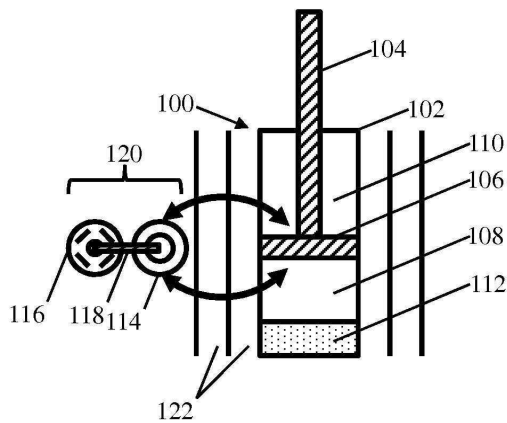
도면2



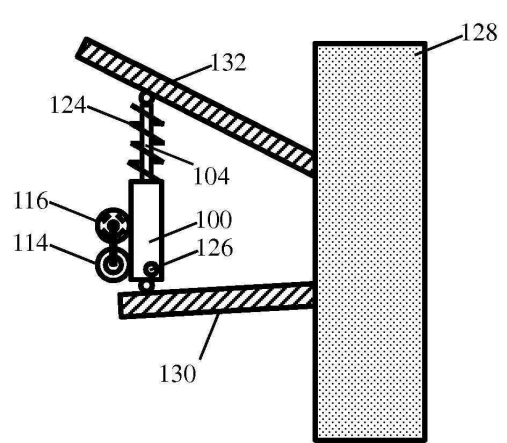
도면3



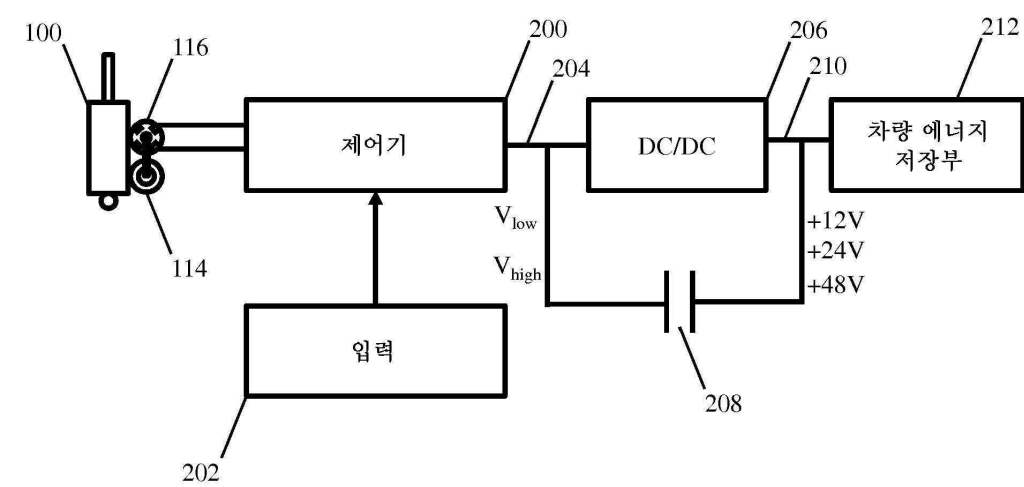
도면4



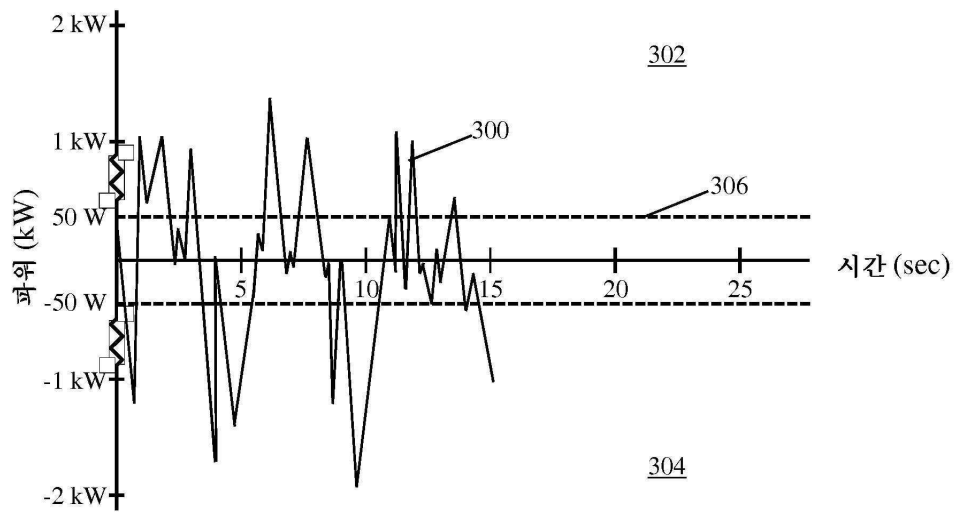
도면5



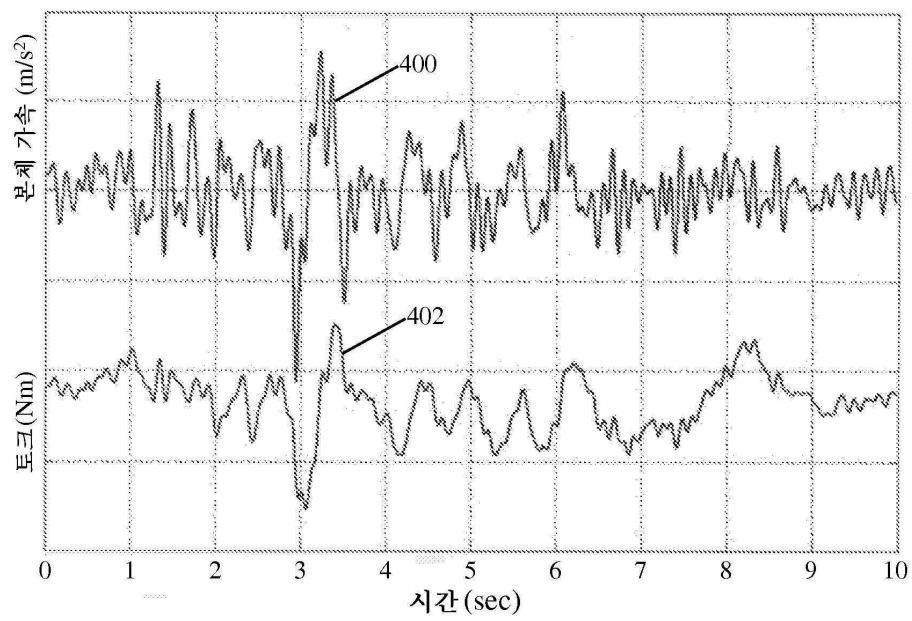
도면6



도면7

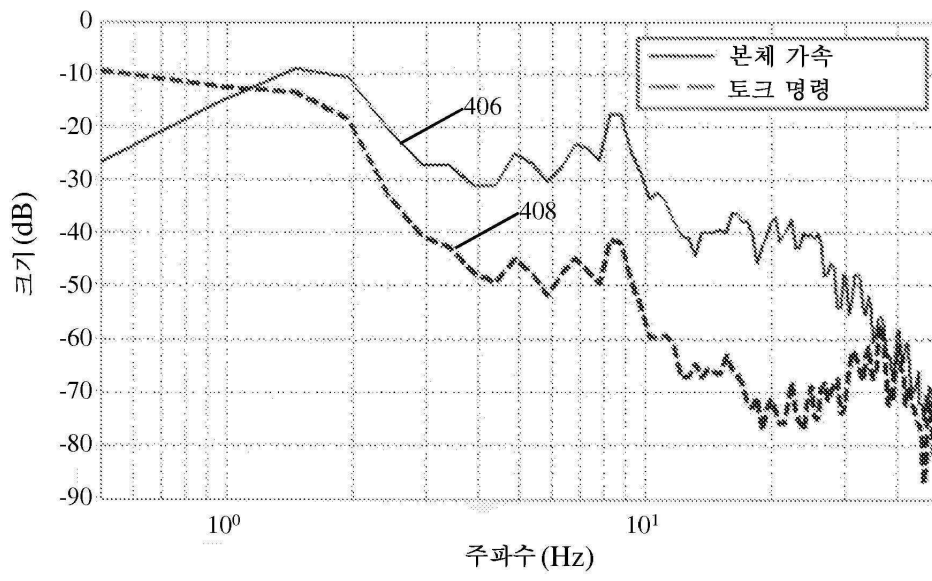


도면8

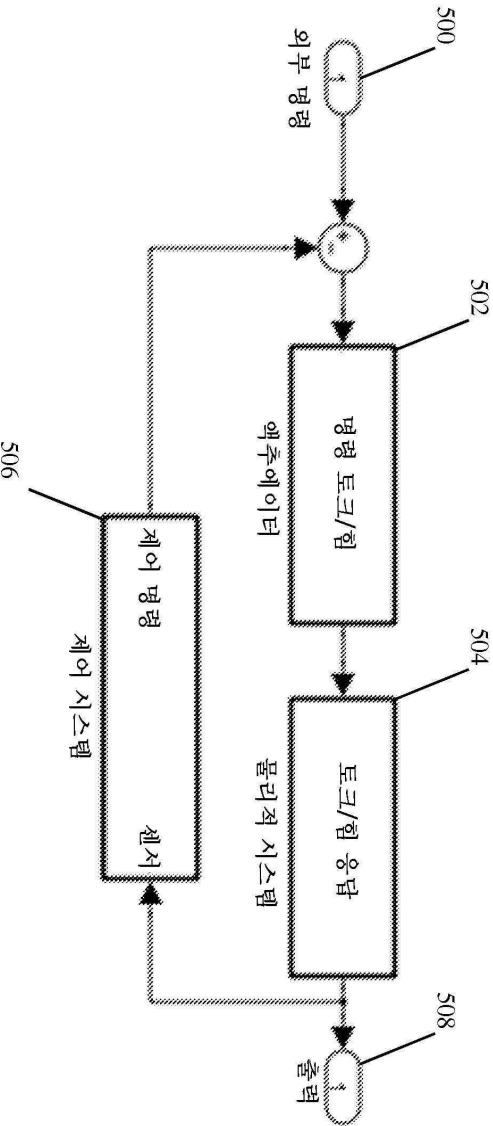




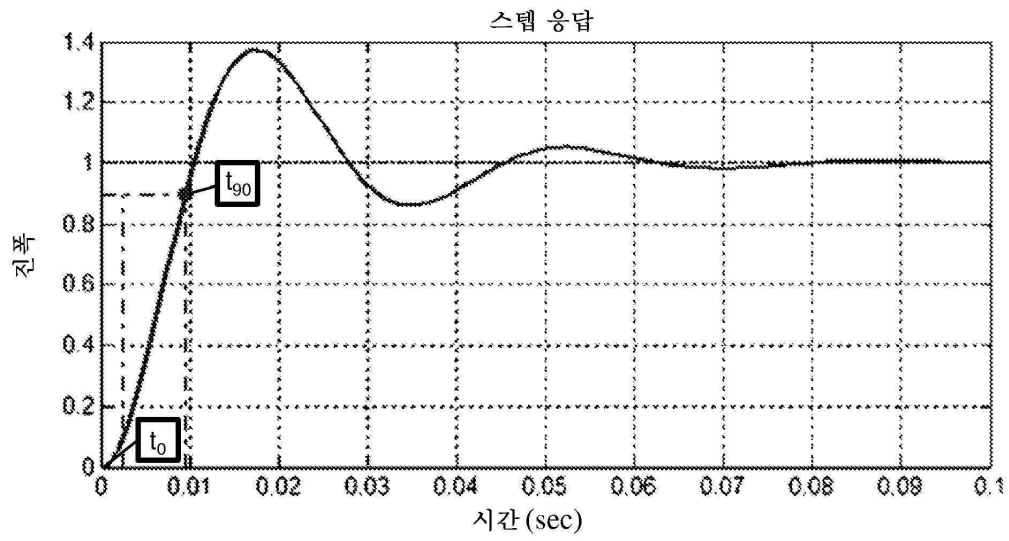
도면9



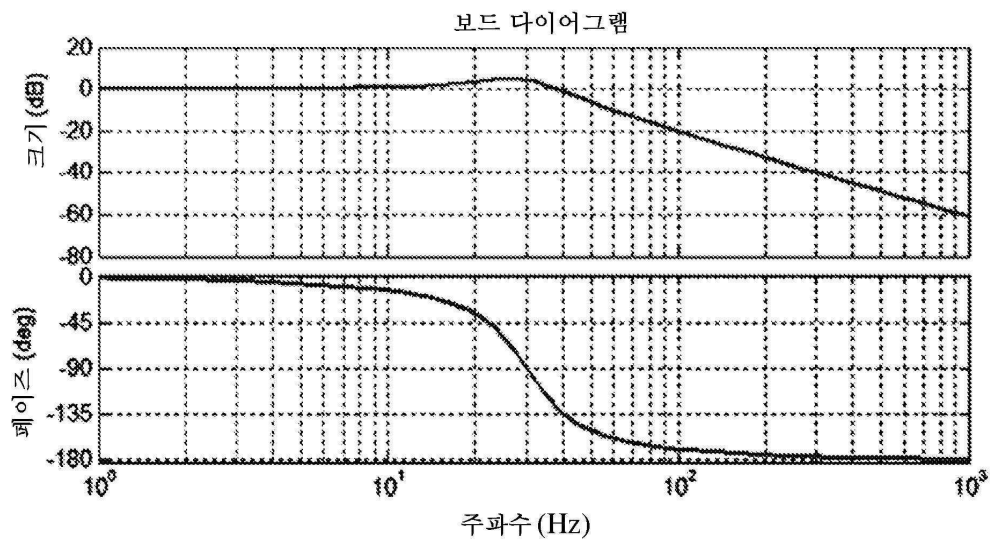
도면10



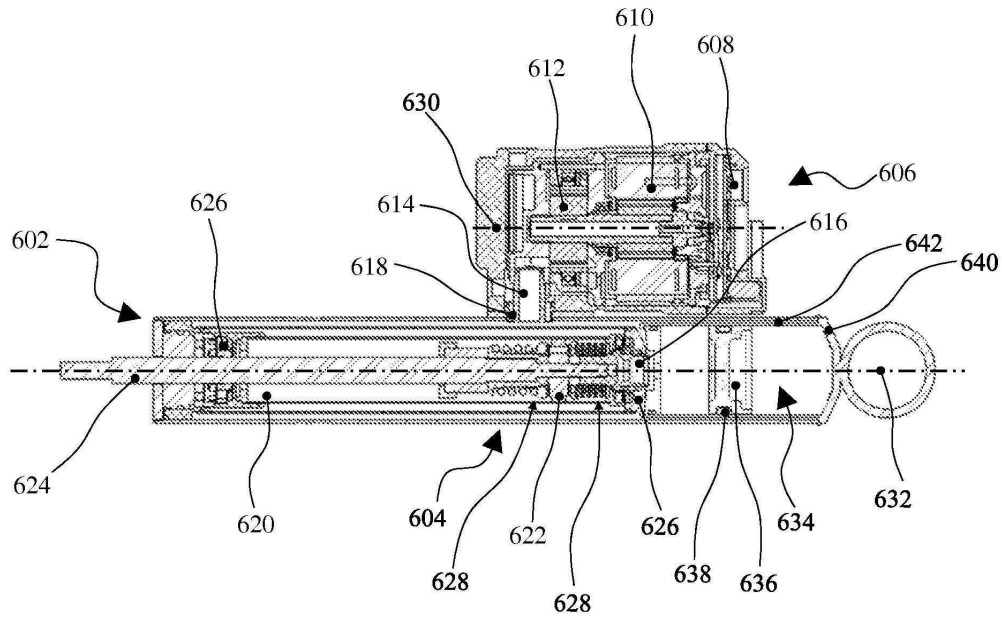
도면11



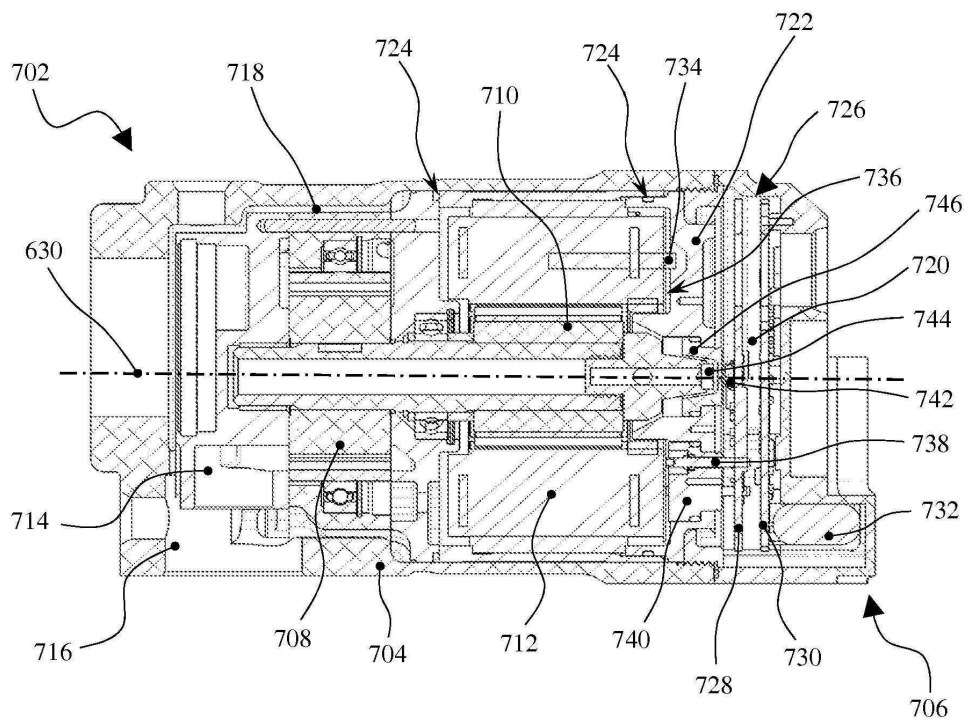
도면12



도면13

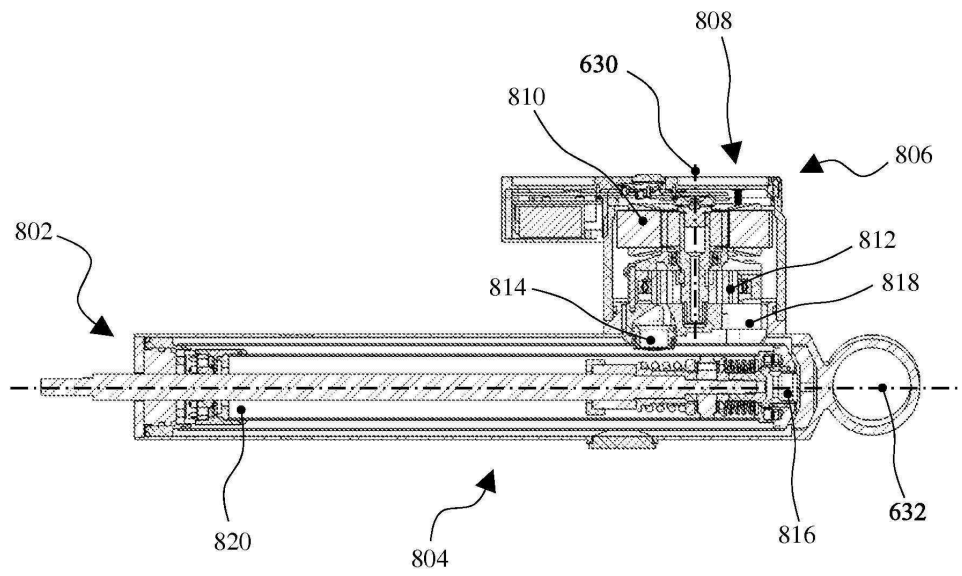


도면14

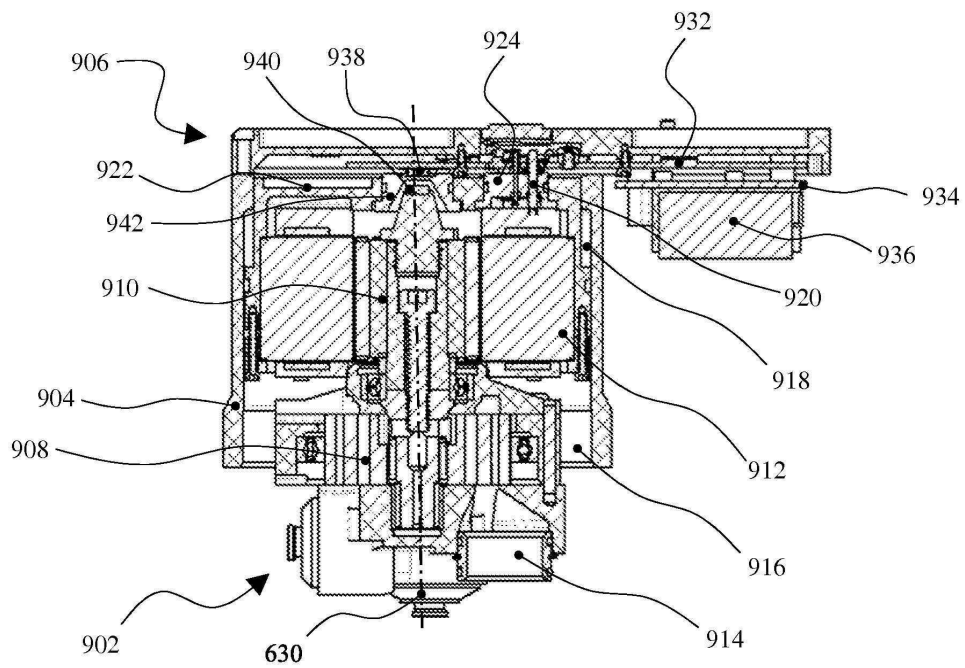




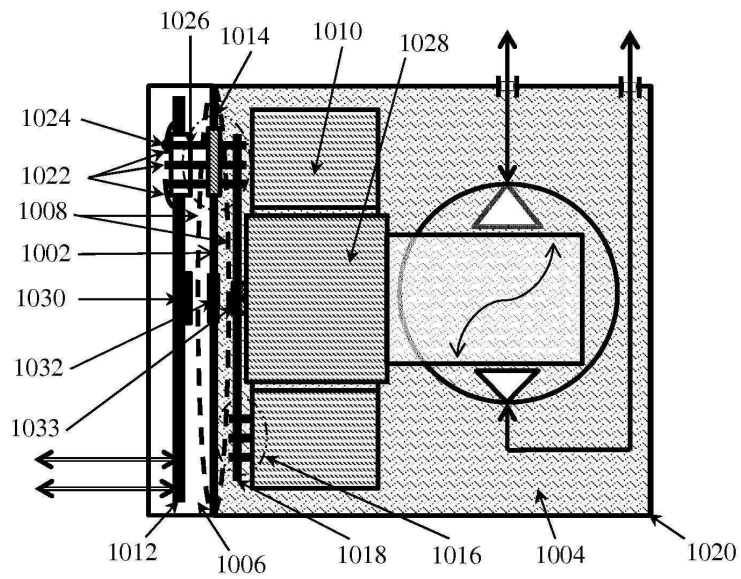
도면 15



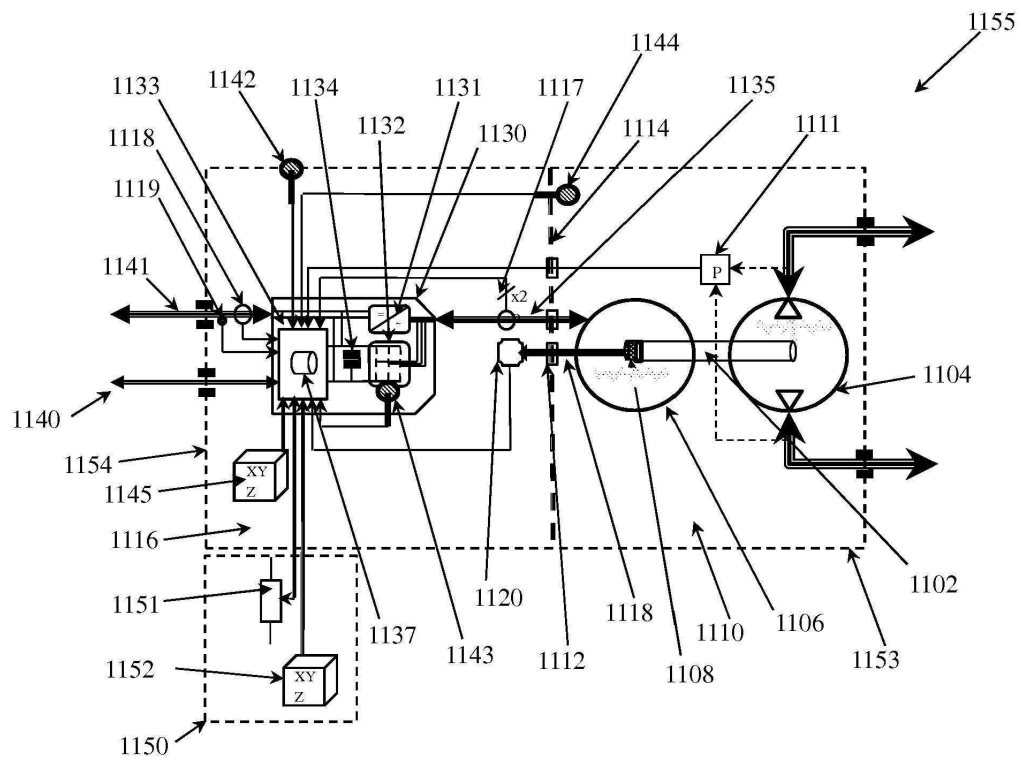
도면 16



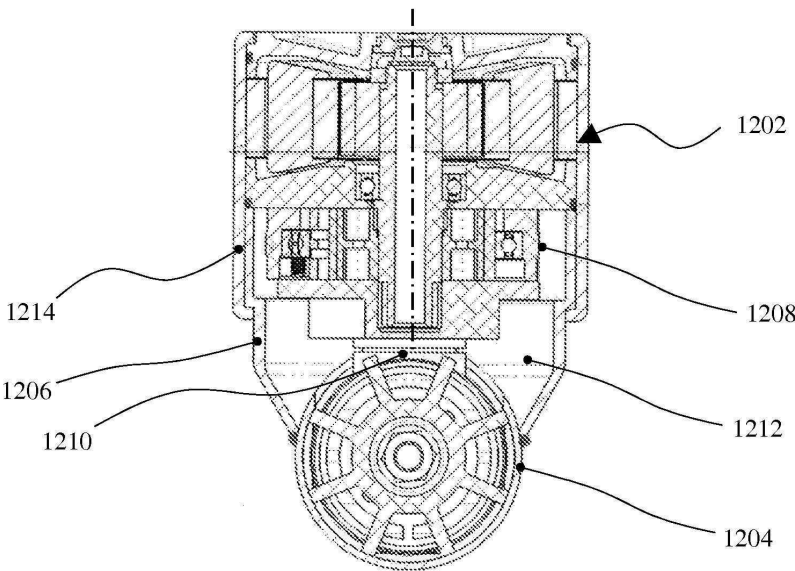
도면17



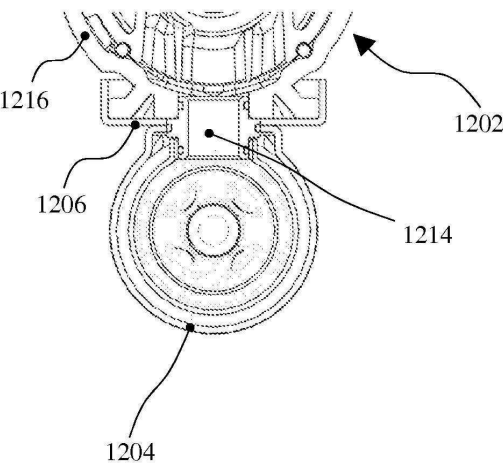
도면18



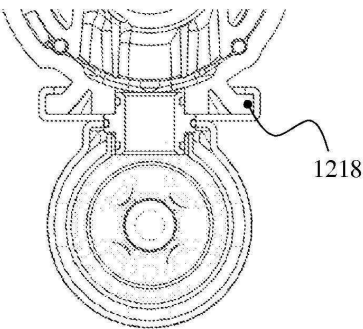
도면19a



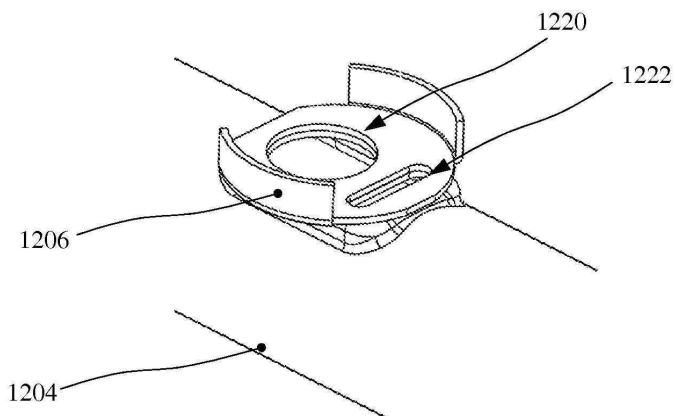
도면19b



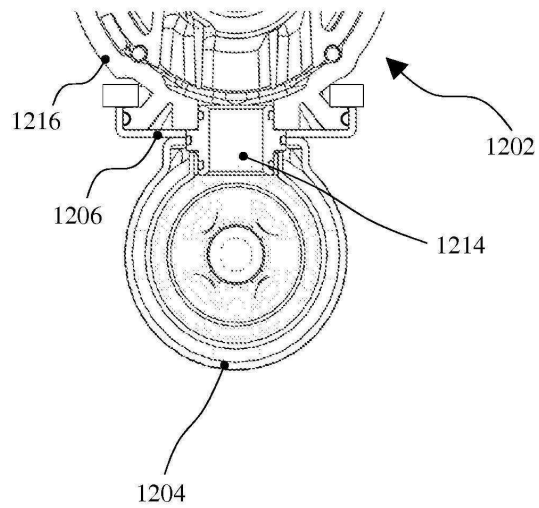
도면19c



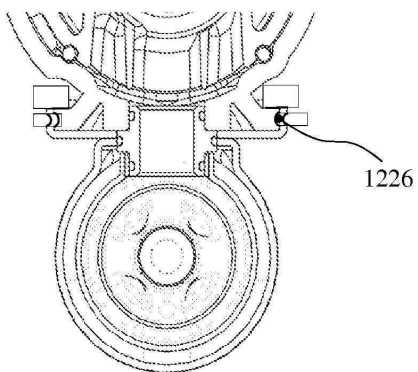
도면19d



도면19e

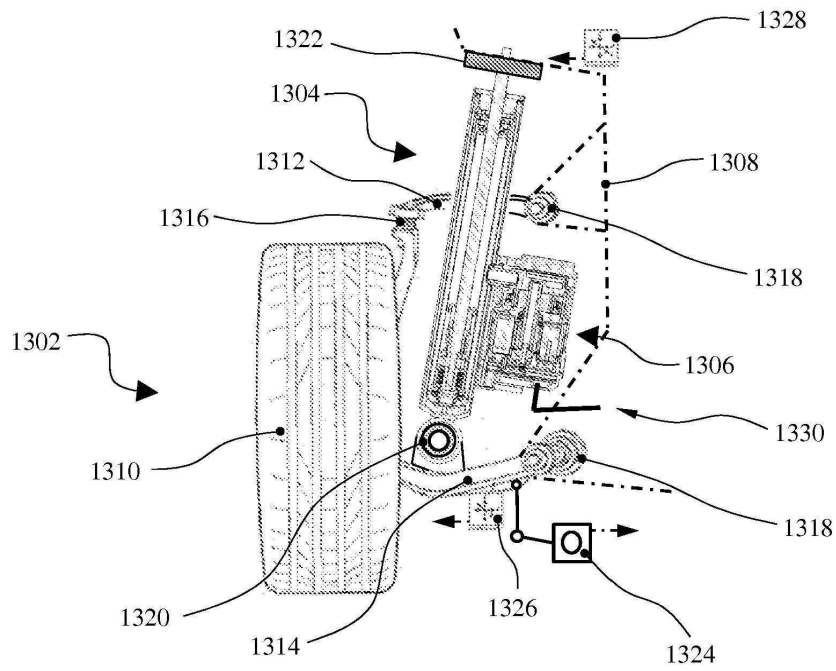


도면19f

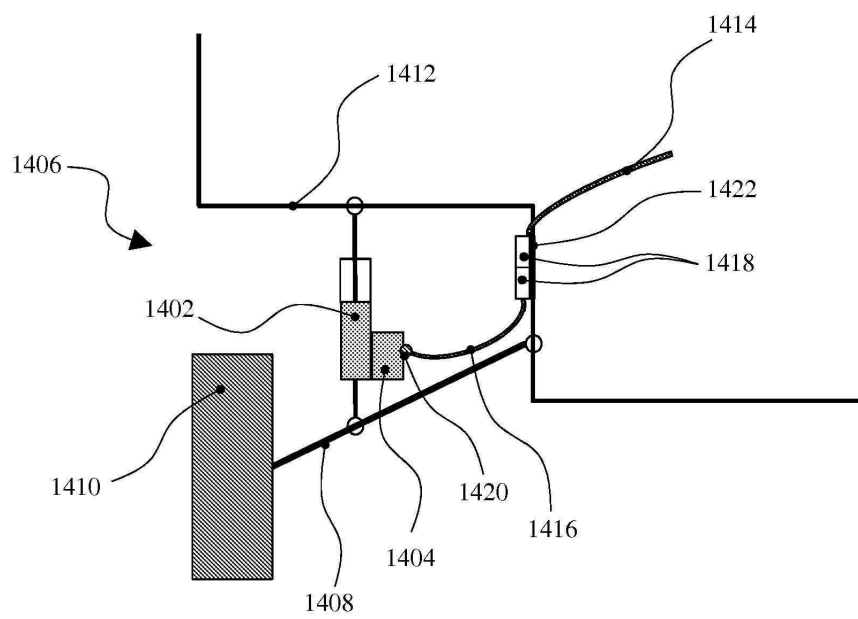




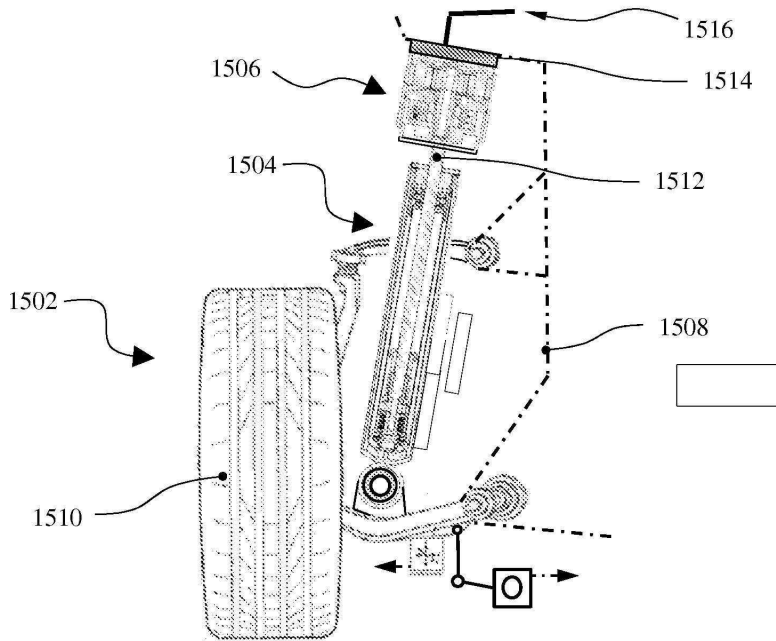
도면20



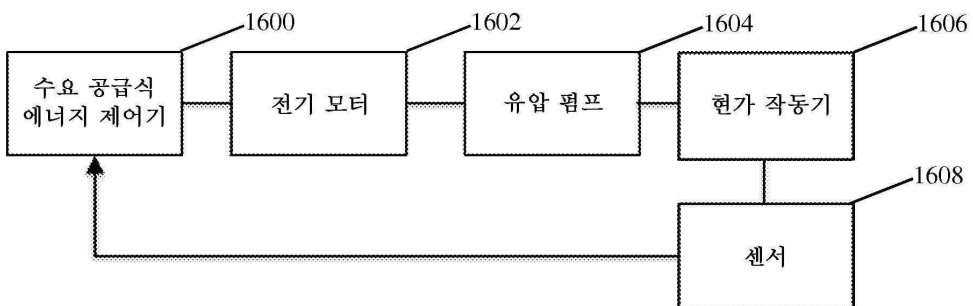
도면21



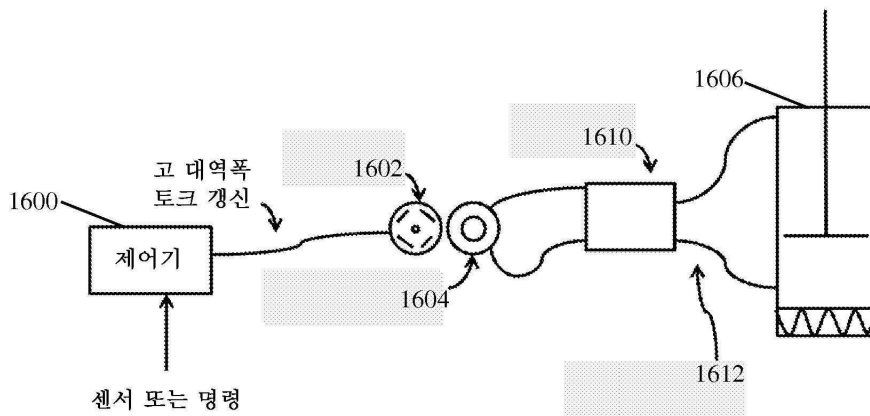
도면22



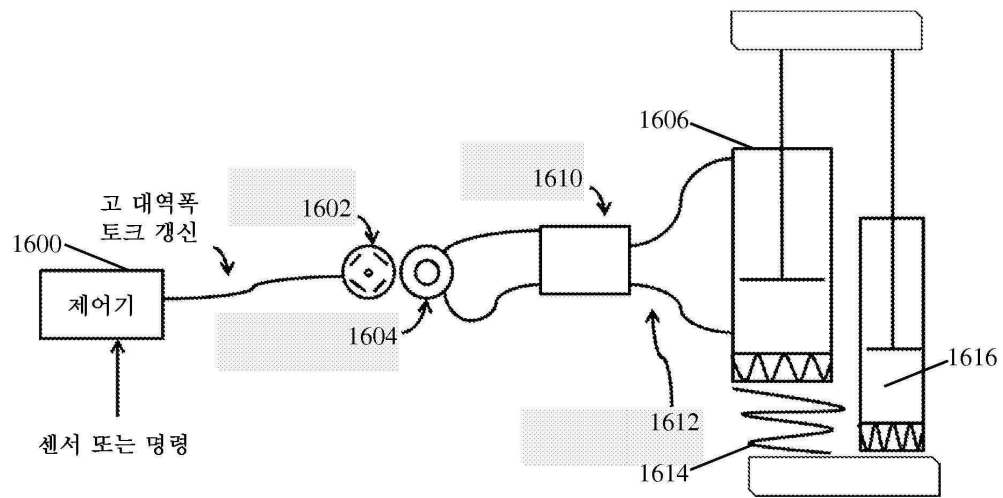
도면23



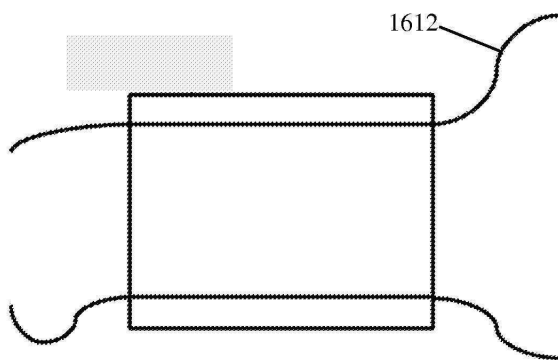
도면24



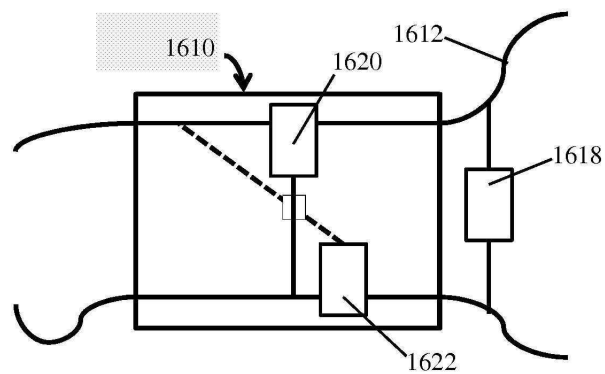
도면25



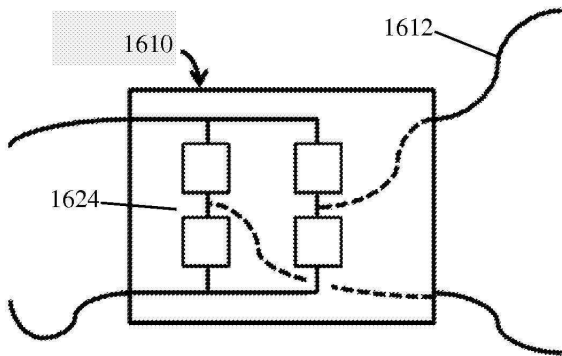
도면26a



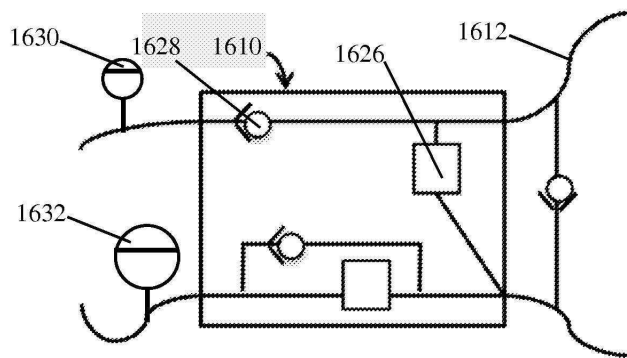
도면26b



도면26c

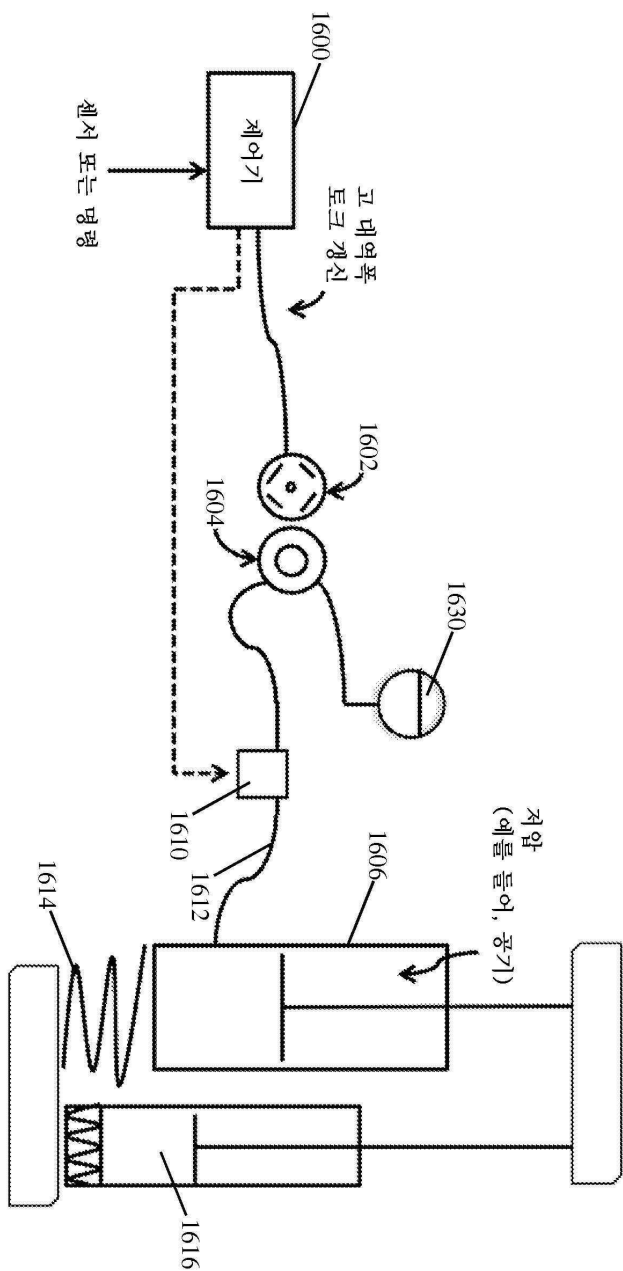


도면26d





도면27



도면28

