(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0090403
(43) 공개일자 2024년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F15B 11/036 (2019.01) *F15B 11/042* (2017.01)
F15B 11/17 (2006.01) *F15B 21/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F15B 11/036 (2019.01)
F15B 11/0426 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7015550
(22) 출원일자(국제) 2022년10월19일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년05월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/047178
(87) 국제공개번호 WO 2023/069552
국제공개일자 2023년04월27일
(30) 우선권주장
63/257,537 2021년10월19일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
퍼듀 리서치 파운데이션
미국, 인디애나 47906, 웨스트 라파예트 파운드리 드라이브 101
와이프로 엔터프라이시스 피브이티 엘티디.
인도 코라망갈라 80 피트 로드 7티에이치 메인 와이프로 하우스 엔오.8
(72) 발명자
베르톨린, 마테우스
미국 인디애나 47906 웨스트 라파예트 파운드리 드라이브 101 스위트 2500 오피스 오브 테크놀로지 커머셜리제이션
궈, 샤오판
미국 인디애나 47906 웨스트 라파예트 파운드리 드라이브 101 스위트 2500 오피스 오브 테크놀로지 커머셜리제이션
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 광장리앤고

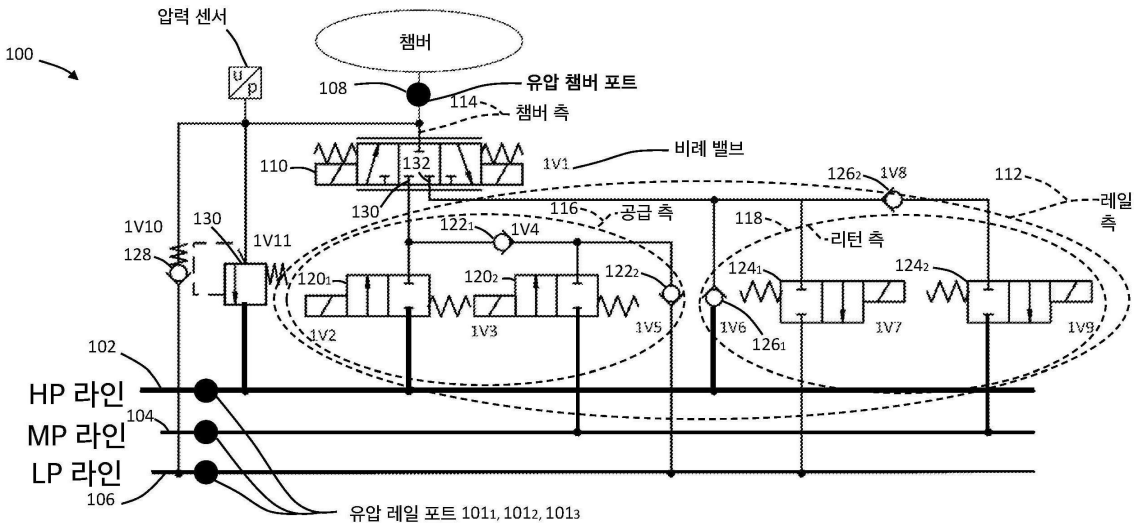
전체 청구항 수 : 총 49 항

(54) 발명의 명칭 **3-챔버 실린더 유압 아키텍처 및 유동-고립된 밸브 배열체를 위한 방법 및 시스템**

(57) 요 약

유압 회로가 개시되며, 이는 하나 이상의 i) 선형; 또는 ii) 회전식 유압 액추에이터 - 실린더 챔버의 총 수는 N개임 -, M개의 압력 레일, 밸브 배열체로서, 압력 레일에 각각 커플링되는 M개의 유압 레일 포트, 하나 이상의 액추에이터의 챔버에 각각 커플링되는 N개의 유압 챔버 포트, N개의 유압 챔버 포트 중 하나에 각각 대응하는 N개의 비례 밸브, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 X개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트, 및 N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 Y개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트를 포함하는, 밸브 배열체, 및 하나 이상의 원하는 기능 파라미터를 달성하기 위해 N개의 비례 밸브 및 연관된 온-오프 밸브를 실시간으로 작동하도록 구성된 제어기를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
F15B 11/17 (2013.01)
F15B 21/087 (2013.01)
F15B 2211/20592 (2013.01)
F15B 2211/30565 (2013.01)
F15B 2211/3144 (2013.01)
F15B 2211/327 (2013.01)
F15B 2211/40592 (2013.01)
F15B 2211/7055 (2013.01)
F15B 2211/76 (2013.01)

(72) 발명자
바카, 안드레아
미국 인디애나 47906 웨스트 라파예트 파운드리 드라이브 101 스위트 2500 오피스 오브 테크놀로지 커머셜리제이션
닐손, 잔
스웨덴 셀레프테오 93144 닐스가탄 7

(30) 우선권주장
63/257,540 2021년10월19일 미국(US)
63/257,545 2021년10월19일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

밸브 배열체로서:

압력 레일에 커플링되도록 각각 구성되는 M개의 유압 레일 포트;

하나 이상의 액추에이터의 챔버에 커플링되도록 각각 구성되는 N개의 유압 챔버 포트;

상기 N개의 유압 챔버 포트 중 하나에 각각 대응하는 N개의 비례 밸브 - 각각의 비례 밸브는 상기 M개의 유압 레일 포트에 커플링되는 레일 측 및 대응하는 유압 챔버 포트에 커플링되는 챔버 측을 포함하고, 상기 N개의 비례 밸브의 각각의 레일 측은 대응하는 유압 챔버 포트에 유압 유체를 공급하도록 구성되는 공급 측 및 상기 대응하는 유압 챔버 포트로부터 유압 유체를 수용하도록 구성되는 리턴 측으로 분할됨 -;

상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 X개의 온-오프(on-off) 밸브 및 체크 밸브 세트; 및

상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 Y개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트를 포함하며,

상기 온-오프 밸브 및 상기 비례 밸브 각각을 선택적으로 작동시키는 것은 상기 N개의 유압 챔버 포트 중 각각의 하나에 선택적 압력 또는 유동을 제공하는, 밸브 배열체.

청구항 2

제1항에 있어서, X는 M-1의 최대 수를 갖는, 밸브 배열체.

청구항 3

제1항에 있어서, X는 1의 최소 수를 갖는, 밸브 배열체.

청구항 4

제1항에 있어서, Y는 M-1의 최대 수를 갖는, 밸브 배열체.

청구항 5

제1항에 있어서, Y는 1의 최소 수를 갖는, 밸브 배열체.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 상기 비례 밸브의 상기 공급 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력하는, 밸브 배열체.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 상기 제1 압력은 상기 제2 압력보다 높은, 밸브 배열체.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 상기 비례 밸브의 상기 리턴 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력하는, 밸브 배열체.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 제1

압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 상기 제1 압력은 상기 제2 압력보다 높은, 밸브 배열체.

청구항 10

유압 회로로서,

하나 이상의 실린더 챔버가 내부에 각각 배치되어 있는 하나 이상의 i) 선형; 또는 ii) 회전식 유압 액추에이터 - 실린더 챔버의 총 수는 N개임 -;

각각 대응하는 압력에 있는 M개의 압력 레일;

밸브 배열체로서:

압력 레일에 커플링되도록 각각 구성되는 M개의 유압 레일 포트;

하나 이상의 액추에이터의 챔버에 커플링되도록 각각 구성되는 N개의 유압 챔버 포트;

상기 N개의 유압 챔버 포트 중 하나에 각각 대응하는 N개의 비례 밸브 - 각각의 비례 밸브는 상기 M개의 유압 레일 포트에 커플링되는 레일 측 및 대응하는 유압 챔버 포트에 커플링되는 챔버 측을 포함하고, 상기 N개의 비례 밸브의 각각의 레일 측은 대응하는 유압 챔버 포트에 유압 유체를 공급하도록 구성되는 공급 측 및 상기 대응하는 유압 챔버 포트로부터 유압 유체를 수용하도록 구성되는 리턴 측으로 분할됨 -;

상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 X개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트; 및

상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 Y개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트를 포함하며,

상기 온-오프 밸브 및 상기 비례 밸브 각각을 선택적으로 작동시키는 것은 상기 N개의 유압 챔버 포트 중 각각의 하나에 선택적으로 압력 또는 유동을 제공하는, 상기 밸브 배열체; 및

제어기를 포함하고, 상기 제어기는, 상기 하나 이상의 실린더 챔버에 대한 하나 이상의 원하는 기능 파라미터를 수신하고, 그리고 실시간으로 i) 상기 하나 이상의 실린더 챔버와 연관된 복수의 센서로부터 데이터를 수신하고, ii) 상기 N개의 비례 밸브 및 상기 연관된 온-오프 밸브를 활성화 및 비활성화하여 상기 하나 이상의 원하는 기능 파라미터를 달성하도록 구성되는, 유압 회로.

청구항 11

제10항에 있어서, X는 M-1의 최대 수를 갖는, 유압 회로.

청구항 12

제10항에 있어서, X는 1의 최소 수를 갖는, 유압 회로.

청구항 13

제10항에 있어서, Y는 M-1의 최대 수를 갖는, 유압 회로.

청구항 14

제10항에 있어서, Y는 1의 최소 수를 갖는, 유압 회로.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 상기 비례 밸브의 상기 공급 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력하는, 유압 회로.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며,

상기 제1 압력은 상기 제2 압력보다 높은, 유압 회로.

청구항 17

제10항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 상기 비례 밸브의 상기 리턴 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력하는, 유압 회로.

청구항 18

제10항에 있어서, 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 리턴 측 상의 상기 온-오프 밸브 및 상기 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 상기 제1 압력은 상기 제2 압력보다 높은, 유압 회로.

청구항 19

제10항에 있어서, 상기 M개의 압력 레일 각각은 하나 이상의 전원으로부터 소싱되는(sourced), 유압 회로.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 전원은 내연기관인, 유압 회로.

청구항 21

제19항에 있어서, 상기 전원은 하나 이상의 전기 모터인, 유압 회로.

청구항 22

제19항에 있어서, 상기 압력 레일의 상기 압력은 고정 또는 가변 변위 중 어느 하나의 하나 이상의 유체 정압 펌프(hydrostatic pump)에 의해 원하는 레벨로 유지되는, 유압 회로.

청구항 23

제22항에 있어서, 압력, 힘, 토크, 위치 및 속도를 포함하는 실시간 측정 상태가 상기 압력 레일의 원하는 압력 레벨 및 연관된 변동 범위를 조정하는데 사용되는, 유압 회로.

청구항 24

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 기능 파라미터는 힘을 포함하는, 유압 회로.

청구항 25

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 기능 파라미터는 속도를 포함하는, 유압 회로.

청구항 26

제10항에 있어서, 상기 하나 이상의 기능 파라미터는 위치를 포함하는, 유압 회로.

청구항 27

제10항에 있어서, 상기 제어기는 상기 N개의 비례 밸브 각각의 상기 공급 측과 상기 리턴 측 사이의 에너지 손실을 최소화하는 것에 기초하여 상기 N개의 비례 밸브 및 상기 연관된 온-오프 밸브를 제어하는, 유압 회로.

청구항 28

제10항에 있어서, 상기 제어기는 하나 이상의 피드백 루프(feedback loop)에서 상기 하나 이상의 실린더 챔버와 연관된 복수의 센서로부터의 데이터를 이용하는, 유압 회로.

청구항 29

중장비와 사용하기 위한 유압 힘 발생기로서,

내부에 세 개의 챔버가 배치된 유압 액추에이터;

i) 고압 레일, ii) 중압 레일, 및 iii) 저압 레일로 구성되는 세 개의 유압 압력 레일; 및

유압 선형 액추에이터에 커플링된 적어도 3·N-M개의 비례적으로 제어된 유압 밸브 - 각각의 챔버는 비례 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일에 커플링되고, 연속적인 힘 제어는 각각의 밸브의 개방 영역을 비례적으로 제어함으로써 달성되고, M은 선택적으로 제거할 수 있는 밸브의 수이며 $0 \leq M \leq 2^{N-2}$임 - 로 이루어지는, 유압 힘 발생기.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 N개의 유압 압력 레일은 단일 전원으로부터 소싱되는, 유압 힘 발생기.

청구항 31

제30항에 있어서, 상기 단일 전원은 내연기관인, 유압 힘 발생기.

청구항 32

제30항에 있어서, 상기 단일 전원은 배터리 팩에 의해 동력이 공급되는 하나 또는 두 개의 전기 모터인, 유압 힘 발생기.

청구항 33

제30항에 있어서, 상기 N개의 유압 압력 레일 각각은, 방향 밸브를 통해 상기 N개의 유압 압력 레일 각각을 서빙하는 출구를 갖는, 단일 유체 정압 펌프에 의해 공급되는 유압 동력을 나타내는, 유압 힘 발생기.

청구항 34

제30항에 있어서, 두 개 이상의 유체 정압 펌프가 상기 N개의 유압 압력 레일에 유압 동력을 공급하기 위해 사용되는, 유압 힘 발생기.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 유체 정압 펌프(들)는 고정 또는 가변 변위 중 하나에 기초하는, 유압 힘 발생기.

청구항 36

제29항에 있어서, N은 3인, 유압 힘 발생기.

청구항 37

제29항에 있어서, N은 2인, 유압 힘 발생기.

청구항 38

제29항에 있어서, 압력, 힘, 위치 및 속도를 포함하는 실시간 측정 상태가 상기 압력 레일의 원하는 압력 레벨 및 연관된 변동 범위를 조정하는데 사용되는, 유압 힘 발생기.

청구항 39

중장비와 함께 사용하기 위한 유압 제어 시스템으로서,

내부에 세 개의 챔버가 배치된 유압 액추에이터;

i) 고압 레일, ii) 중압 레일, 및 iii) 저압 레일로 구성되는 세 개의 유압 압력 레일; 및

유압 액추에이터에 커플링된 적어도 3·N-M개의 비례적으로 제어된 유압 밸브 - 각각의 챔버는 비례 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일에 커플링되고, 연속적인 힘 제어는 각각의 밸브의 개방 영역을 비례적으로 제어함으로써 달성되고, M은 선택적으로 제거할 수 있는 밸브의 수이며 $0 \leq M \leq 2^{N-2}$임 -;

유체 스로틀링(fluid throttling)에 의한 압력 폐쇄 루프-압력 제어가 다중-챔버 실린더 챔버의 각각의 하나에서 달성될 수 있도록 상기 비례 밸브 개방을 조정하는 것을 담당하는 제어 유닛 - 이러한 압력 제어기는 또한

폐쇄 루프 속도 또는 위치 제어의 내부-루프로서 사용될 수 있음 - 을 포함하는, 유압 제어 시스템.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 다중-챔버 실린더는 각각의 비례 밸브의 상류 및 하류의 유압 라인에 압력 센서를 포함하는, 유압 제어 시스템.

청구항 41

제39항에 있어서, 폐쇄-루프 위치/속도 제어가 달성될 수 있도록 위치 또는 속도 센서가 포함되는, 유압 제어 시스템.

청구항 42

제39항에 있어서, 상기 N개의 유압 압력 레일은 단일 전원으로부터 소싱되는, 유압 제어 시스템.

청구항 43

제42항에 있어서, 상기 전원은 내연기관인, 유압 제어 시스템.

청구항 44

제42항에 있어서, 상기 전원은 단일 배터리 팩에 의해 동력이 공급되는 하나 또는 두 개의 전기 모터인, 유압 제어 시스템.

청구항 45

제42항에 있어서, 상기 N개의 유압 압력 레일 각각은, 방향 밸브를 통해 상기 N개의 유압 압력 레일 각각을 서빙하는 출구를 갖는, 단일 유체 정압 펌프에 의해 공급되는 유압 동력을 나타내는, 유압 제어 시스템.

청구항 46

제42항에 있어서, 두 개 이상의 유체 정압 펌프가 상기 N개의 유압 압력 레일에 유압 동력을 공급하기 위해 사용되는, 유압 제어 시스템.

청구항 47

제46항에 있어서, 상기 유체 정압 펌프(들)는 고정 또는 가변 변위 중 하나에 기초하는, 유압 제어 시스템.

청구항 48

제39항에 있어서, N은 3인, 유압 제어 시스템.

청구항 49

제39항에 있어서, N은 2인, 유압 제어 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 출원에 대한 상호 참조**

[0002] 본 특허 출원은 발명의 명칭이 "A THREE-CHAMBER CYLINDER HYDRAULIC ARCHITECTURE"인 2021년 10월 19일에 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 63/257,537; 발명의 명칭이 "FLOW-ISOLATED VALVE ARRANGEMENT"인 2021년 10월 19일에 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 63/257,540; 발명의 명칭이 "METHOD AND SYSTEM FOR A FLOW-ISOLATED VALVE ARRANGEMENT"인 2021년 10월 19일에 출원된 미국 가특허 출원 일련 번호 63/257,545;에 관한 것이고 이들의 우선권의 이익을 주장하며, 이들 각각의 내용은 본 개시에 그 전체가 참조로서 포함된다.

[0003] **정부 자금 관련 진술**

[0004] 없음.

[0005] 본 발명은 일반적으로 유압 아키텍처(hydraulic architecture)에 관한 것이며, 특히, 건설 기계류뿐만 아니라 유동-고립된 밸브 배열체에 특히 유용한 3-챔버 실린더 유압 아키텍처에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0006] 이 섹션은 본 개시의 더 나은 이해를 용이하게 하는 것을 도울 수 있는 양태를 소개한다. 따라서, 이러한 진술은 이러한 관점에서 읽어져야 하며, 종래 기술인지 여부에 대한 입장으로 이해되어서는 안 된다.

[0007] 중장비에 이용되는 유압 시스템은 상당히 잘 알려져 있다. 초창기에는, 단순한 유압 실린더가 하중 힘을 초래하는 실린더 내 유압 압력과 실린더 내에서 이동하는 피스톤의 유효 면적에 기초하여 물체를 이동시키는 힘을 발생하는데 이용되었다. 통상적인 실린더에서, 두 개의 챔버가 사용되며, 각각은 개개의 유효 면적을 갖고, 이러한 배열체는 각각의 방향으로 힘을 생성한다. 실린더의 양 쪽의 영역에서 작용하는 가압된 유체의 결과인 알짜 힘(net force)은 통상적으로 실린더 하중(cylinder load)으로 지칭된다. 전통적인 적용은 보통 하나의 챔버에서 유입/유출되는 유량에 작용하는 반면 나머지 챔버는 시스템 손실을 감소시키기 위해 가능한 낮은 압력으로 유지된다.

[0008] 초기 개념은 상당히 단순했지만, 특히 기계당 유압 액추에이터의 수가 증가함에 따라, 상이한 유압 제어 아키텍처가 수년에 걸쳐 개발되었다. 일반적으로, 이들 아키텍처는 공유된 유압 동력 공급부, 예를 들어, 유체 정압 펌프(hydrostatic pump), 및 각각의 액추에이터에 전용되는 제어 밸브를 사용한다. 이들 아키텍처와 연관된 문제점은 두 가지이다: 첫째, 유압 동력의 단일 및 공유 소스를 갖는 다수의 액추에이터의 제어성; 그리고 둘째, 에너지 효율이다. 종래 기술에서의 상이한 접근법들이 첫째 문제점에 관하여 성공적이었지만, 현재 시장에서 이용 가능한 대부분의 회로는 한 번에 하나 초과의 액추에이터에 동력을 공급할 때 여전히 낮은 효율로 어려움을 겪는다.

[0009] 하나 초과의 유압 액추에이터가 동일한 유압 공급부를 공유할 때, 공급되는 압력은 시스템의 최대 압력 요건보다 약간 더 높아야만 한다. 따라서, 원하는 하중을 달성하기 위해 더 낮은 압력을 필요로 하는 임의의 다른 유압 액추에이터는 원하는 레벨로 공급 압력을 감소시키기 위해 스로틀(throttle) 제어가 필요할 것이며, 이는 동력 손실로 이어진다. 본 개시에서, 용어 "유압 액추에이터"는 회전식 또는 선형 액추에이터를 지칭한다. 결과적으로, 에너지 효율을 목적으로 하는 임의의 시스템은 공급 시스템과, 동일한 공급부를 공유하는 다수의 액추에이터 각각의 하나의 압력 요건들 사이의 압력 차이를 최소화하는 것이 필요할 것이다.

[0010] 이러한 조건을 달성하기 위해, 1) 하나 초과의 공급 압력이 이용 가능하도록 공급 압력 레일의 수를 증가시키는 것 및 2) 스로틀링 요건을 최소화하기 위해 챔버와 공급 레일 사이의 연결의 상이한 조합이 사용될 수 있도록 실린더 챔버의 수를 증가시키는 것이 가능하고, 따라서 시스템 손실을 감소시킨다. 요컨대, 상이한 챔버 영역과 압력을 조합하기 위한 더 많은 옵션에 의해, 공급 압력과 챔버 압력 사이의 더 낮은 차이로 동일한 하중(유효 실린더 힘)을 달성하는 것이 가능하고, 따라서 스로틀링 손실을 감소시킨다. 결과적으로, 이론상, 이용 가능한 조합(실린더 모드)의 수가 높을수록, 실린더는 더 효율적이어야 한다.

[0011] 상이한 적용을 위해 압력 레일과 실린더 챔버(모드) 사이의 가능한 연결의 이산화된(discretized) 수를 달성하는 데 있어 챔버의 수와 압력 레일 사이의 관계는 이산 모드 수 = (챔버 수)$^{\text{압력 레일 수}}$ 에 의해 통제된다. 공급 압력과 실린더 챔버 사이의 연결의 이러한 상이한 조합은 또한 때때로 액추에이터에 이용 가능한 이산 힘 레벨(discrete force level)이라고 지칭된다.

[0012] 이러한 다중-챔버 배열체의 예는 Sipola 등의 미국 특허 제 10,704,569호에 제공되며, 여기서 고압(HP) 및 저압(LP)으로 식별된 두 개의 압력 레일을 이용하여 적어도 4-챔버 액추에이터가 도입되었다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 각각의 챔버는 병렬로 밸브의 시스템을 이용하여 압력 레일 각각에 커플링된다. 즉, 각각의 챔버는, 각각의 압력 레일과 챔버 사이에 하나씩, 두 개의 별개의 밸브를 이용하여 고압 레일 및 저압 레일 모두에 커플링된다. 이 경우, 비례 밸브가 밸브 개방 및 폐쇄를 동기화하기 위해 이용되었지만, 궁극적으로는, 논-스로틀(non-throttle) 제어가 사용되었다. 따라서, 비례 밸브는 (전이 동안을 제외하고) 완전히 개방되거나 완전히 폐쇄되는 것 중 하나로 유지되는데, 이는 밸브의 임의의 부분 개방이 유체 스로틀링을 도입하여, 스로틀 제어를 특징화하게 되기 때문이다.

[0013] 위에서 제공된 공식에 기초하여, 도 1a에 도시된 예에서, 이산화된 힘의 수는 4^2이며, 이는 1 내지 16에 걸친 인덱스 당 이산화된 힘의 그래프인 도 1b에 도시된 바와 같이 16과 동일하다. 이는 '569 특허에 설명된 바와 같이 논-스로틀 제어가 사용된다면, 16개의 하중 힘만 달성 가능하며, 이는 특히 저속에서 속도 추적의 정확도가

제한된다는 것을 의미한다. 이는 하중 힘과 실제 액추에이터 힘 요건 사이의 임의의 불일치가 실린더 가속을 초래할 것이기 때문이다. 따라서, 정밀한 모션 제어가 달성되어야 한다면, 챔버 중 적어도 하나에서 연속적인 스로틀링이 필요하며, 따라서 제어 정확도와 효율 사이의 트레이드 오프(trade-off)를 생성한다.

[0014] '569 특허에 도시된 접근법은 종래 기술에서 통상적인 것이다(예를 들어, WO 2014081353 A1 참조). 하지만, 이러한 접근 방식에는 단점이 있다. 예를 들어, 실린더의 챔버의 수와 압력 레일 수('569 특허의 경우 두 개)는 감소된 이산화된 힘의 수를 초래하는 반면, 더 많은 수의 챔버가 주어진 경우 복잡한 실린더 설계를 필요로 한다. 위에서 언급한 바와 같이, '569 특허에서 네 개의 챔버와 두 개의 압력 레일의 조합은 16개의 이산화된 힘을 초래하였다. WO 2014081353 A1 공보에서, 5-챔버 액추에이터가 두 개의 압력 레일과 함께 사용되었으며 이는 25개의 이산화된 힘을 초래할 수 있다. 하지만, 이들 모든 반복에서, 단지 두 개의 압력 레일이 사용되었으며, 이는 감소된 수의 이산화된 힘을 갖는 비용이 많이 들고 복잡한 실린더 배열체를 초래하였다. 언급된 아키텍처에 추가의 압력 레일을 포함하는 것은 많은 수의 밸브를 필요로 하기 때문에 또한 비용 효율적이지 않을 것이다.

[0015] 게다가, 언급된 두 개의 참조 모두는, 이러한 시스템의 달성 가능한 효율 및 성능을 제한하는, 논-스로틀 제어, 또는 온/오프 및 비례 밸브의 혼합의 사용을 언급하였다.

[0016] 고려되어야 하는 다른 양태는, 이러한 타입의 아키텍처에서 실린더 제어기는 각각의 챔버에 연결된 공급 라인을 일정하게 변경한다는 것이다. 이는 짧은 과도 기간 동안 하나의 밸브가 폐쇄될 것이고(즉, 챔버를 고압 라인에 연결함), 다른 밸브는 개방될 것이라는 것을 의미한다(즉, 동일한 챔버를 저압 라인에 연결함). 이들 밸브는 무한히 빠르지 않기 때문에, 양쪽의 밸브는 짧은 시간 기간 동안 개방될 것이며, 고압 공급 라인과 저압 공급 라인 사이에 단락을 생성할 것이다. 이는 궁극적으로 상당한 누수를 야기하고 시스템 효율을 낮춘다.

[0017] 설명된 단락 현상은 온/오프 또는 비례 밸브의 사용과 무관하게 존재한다. 언급된 종래 기술에서 비례 밸브의 사용에 대한 근거는 주어진 챔버에 상이한 레일을 연결하는 밸브의 개방과 폐쇄를 동기화하고 지연해야 하는 필요에 기초한다. 이러한 접근법은 시스템 효율에 있어서 이러한 단락의 영향을 감소시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 해결책은 문제를 없앨 수 없다. 게다가, 이러한 해결책은 매우 짧은 폐쇄 시간을 갖는 비례 밸브를 필요로 하고, 스로틀 제어가 사용되지 않았기 때문에, 실린더는 여전히 유한한 수의 이용 가능한 힘으로 제한된다.

[0018] 따라서, 실린더 설계 복잡성을 증가시키지 않을 뿐만 아니라 스로틀 제어에 의한 시스템 손실을 현저히 증가시키지 않는 보다 정밀한 모션 제어, 뿐만 아니라 하나의 압력 레일이 다른 압력 레일로 전환될 때 임의의 두 개의 압력 레일 사이의 단락 없이 압력 레일로부터 고립된 유동을 제공할 수 있는 신규한 방법 및 시스템 접근법이 달성될 수 있는, 유압 아키텍처 및 그 제어 방법에 있어서 신규한 접근법에 대한 충족되지 않은 요구가 있다.

발명의 내용

[0019] 일 실시예에 따르면, 밸브 배열체가 개시되며, 이는 압력 레일에 커플링되도록 각각 구성되는 M개의 유압 레일 포트, 하나 이상의 액추에이터의 챔버에 커플링되도록 각각 구성되는 N개의 유압 챔버 포트, N개의 유압 챔버 포트 중 하나에 각각 대응하는 N개의 비례 밸브를 포함한다. 각각의 비례 밸브는 M개의 유압 레일 포트에 커플링되는 레일 측 및 대응하는 유압 챔버 포트에 커플링되는 챔버 측을 포함한다. N개의 비례 밸브 각각의 레일 측은 대응하는 유압 챔버 포트에 유압 유체를 공급하도록 구성되는 공급 측 및 대응하는 유압 챔버 포트로부터 유압 유체를 수용하도록 구성되는 리턴 측으로 분할된다. 밸브 배열체는 N개의 비례 밸브 각각의 공급 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 X개의 온-오프(on-off) 밸브 및 체크 밸브 세트; 및 N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 Y개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트를 포함한다. 온-오프 밸브 및 비례 밸브 각각을 선택적으로 작동시키는 것은 N개의 유압 챔버 포트 중 각각의 하나에 선택적으로 압력 또는 유동을 제공한다.

[0020] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, X는 M-1의 최대 수를 갖는다.

[0021] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, X는 1의 최소 수를 갖는다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, Y는 M-1의 최대 수를 갖는다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, Y는 1의 최소 수를 갖는다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 비례 밸브의 공급 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력한다.

[0025] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측 상의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 상의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 비례 밸브의 리턴 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력한다.

[0027] 일 실시예에 따르면, 상기 밸브 배열체에서, N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 상의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다.

[0028] 다른 실시예에 따르면, 유압 회로가 또한 개시되며, 이는 하나 이상의 실린더 챔버가 내부에 각각 배치되어 있는 하나 이상의 i) 선형; 또는 ii) 회전식 유압 액추에이터 - 실린더 챔버의 총 수는 N개임 -, 각각 대응하는 압력에 있는 M개의 압력 레일, 및 밸브 배열체를 포함한다. 밸브 배열체는 압력 레일에 커플링되도록 각각 구성되는 M개의 유압 레일 포트, 하나 이상의 액추에이터의 챔버에 커플링되도록 각각 구성되는 N개의 유압 챔버 포트, N개의 유압 챔버 포트 중 하나에 각각 대응하는 N개의 비례 밸브 - 각각의 비례 밸브는 M개의 유압 레일 포트에 커플링되는 레일 측 및 대응하는 유압 챔버 포트에 커플링되는 챔버 측을 포함하고, N개의 비례 밸브 각각의 레일 측은 대응하는 유압 챔버 포트에 유압 유체를 공급하도록 구성되는 공급 측 및 대응하는 유압 챔버 포트로부터 유압 유체를 수용하도록 구성되는 리턴 측으로 분할됨 -, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 X개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트 및 N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트를 커플링하는 Y개의 온-오프 밸브 및 체크 밸브 세트를 포함한다. 온-오프 밸브 및 비례 밸브 각각을 선택적으로 작동시키는 것은 N개의 유압 챔버 포트 중 각각의 하나에 선택적으로 압력 또는 유동을 제공한다. 유압 회로는 또한 제어기를 포함하며, 이 제어기는 하나 이상의 실린더 챔버에 대한 하나 이상의 원하는 기능 파라미터를 수신하고, 그리고 실시간으로 i) 하나 이상의 실린더 챔버와 연관된 복수의 센서로부터 데이터를 수신하고, ii) N개의 비례 밸브 및 연관된 온-오프 밸브를 활성화 및 비활성화하여 하나 이상의 원하는 기능 파라미터를 달성하도록 구성된다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, X는 M-1의 최대 수를 갖는다.

[0030] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, X는 1의 최소 수를 갖는다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, Y는 M-1의 최대 수를 갖는다.

[0032] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, Y는 1의 최소 수를 갖는다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 비례 밸브의 공급 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력한다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, N개의 비례 밸브 각각의 공급 측 상의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트로부터 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트로의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 비례 밸브의 리턴 측의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력한다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, N개의 비례 밸브 각각의 리턴 측 상의 온-오프 밸브 및 체크 밸브는 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트와 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트 사이의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, M개의 압력 레일 각각은 하나 이상의 전원으로부터 소싱된다(sourced).

[0038] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 전원은 내연기관이다.

[0039] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 전원은 하나 이상의 전기 모터이다.

[0040] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 압력 레일의 압력은 고정 또는 가변 변위 중 어느 하나의 하나 이상

의 유체 정압 펌프에 의해 원하는 레벨로 유지된다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 압력, 힘, 토크, 위치 및 속도를 포함하는 실시간 측정 상태가 압력 레일의 원하는 압력 레벨 및 연관된 변동 범위를 조정하는데 사용된다.

[0042] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 하나 이상의 기능 파라미터는 힘을 포함한다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 하나 이상의 기능 파라미터는 속도를 포함한다.

[0044] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 하나 이상의 기능 파라미터는 위치를 포함한다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 제어기는 N개의 비례 밸브 각각의 공급 측과 리턴 측 사이의 에너지 손실을 최소화하는 것에 기초하여 N개의 비례 밸브 및 연관된 온-오프 밸브를 제어한다.

[0046] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 회로에서, 제어기는 하나 이상의 피드백 루프(feedback loop)에서 하나 이상의 실린더 챔버와 연관된 복수의 센서로부터의 데이터를 이용한다.

[0047] 중장비와 사용하기 위한 유압 힘 발생기가 또한 개시되며, 이 유압 힘 발생기는 내부에 세 개의 챔버가 배치된 유압 액추에이터; i) 고압 레일, ii) 중압 레일, 및 iii) 저압 레일로 구성되는 세 개의 유압 압력 레일; 및 유압 선형 액추에이터에 커플링된 적어도 3·N-M개의 비례적으로 제어된 유압 밸브 - 각각의 챔버는 비례 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일에 커플링되고, 연속적인 힘 제어는 각각의 밸브의 개방 영역을 비례적으로 제어함으로써 달성됨 - 로 이루어진다. M은 선택적으로 제거할 수 있는 밸브의 수이며 $0 \leq M \leq 2^{N-2}$이다.

[0048] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, N개의 유압 압력 레일은 단일 전원으로부터 소싱된다.

[0049] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, 단일 전원은 내연기관이다.

[0050] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, 단일 전원은 배터리 팩에 의해 동력이 공급되는 하나 또는 두 개의 전기 모터이다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, N개의 유압 압력 레일 각각은, 방향 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일 각각을 서빙하는 출구를 갖는, 단일 유체 정압 펌프에 의해 공급되는 유압 동력을 나타낸다.

[0052] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, 두 개 이상의 유체 정압 펌프가 N개의 유압 압력 레일에 유압 동력을 공급하기 위해 사용된다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, 유체 정압 펌프(들)는 고정 또는 가변 변위 중 하나에 기초한다.

[0054] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, N은 3이다.

[0055] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, N은 2이다.

[0056] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 힘 발생기에서, 압력, 힘, 위치 및 속도를 포함하는 실시간 측정 상태가 압력 레일의 원하는 압력 레벨 및 연관된 변동 범위를 조정하는데 사용된다.

[0057] 중장비와 함께 사용하기 위한 유압 제어 시스템이 또한 개시되며, 이 유압 제어 시스템은, 내부에 세 개의 챔버가 배치된 유압 액추에이터, i) 고압 레일, ii) 중압 레일, 및 iii) 저압 레일로 구성되는 세 개의 유압 압력 레일 및 유압 액추에이터에 커플링된 적어도 3·N-M개의 비례적으로 제어된 유압 밸브 - 각각의 챔버는 비례 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일에 커플링되고, 연속적인 힘 제어는 각각의 밸브의 개방 영역을 비례적으로 제어함으로써 달성됨 - 를 포함한다. M은 선택적으로 제거할 수 있는 밸브의 수이며 $0 \leq M \leq 2^{N-2}$이다. 유압 제어 시스템은 유체 스로틀링(fluid throttling)에 의한 압력 폐쇄 루프-압력 제어가 다중-챔버 실린더 챔버의 각각의 하나에서 달성될 수 있도록 비례 밸브 개방을 조정하는 것을 담당하는 제어 유닛을 또한 포함한다. 이러한 압력 제어기는 또한 폐쇄 루프 속도 또는 위치 제어의 내부-루프로서 사용될 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 다중-챔버 실린더는 각각의 비례 밸브의 상류 및 하류의 유압 라인에 압력 센서를 포함한다.

[0059] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 폐쇄-루프 위치/속도 제어가 달성될 수 있도록 위치 또는 속도 센서가 포함된다.

[0060] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, N개의 유압 압력 레일은 단일 전원으로부터 소싱된다.

[0061] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 전원은 내연기관이다.

[0062] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 전원은 단일 배터리 팩에 의해 동력이 공급되는 하나 또는 두 개의 전기 모터이다.

[0063] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, N개의 유압 압력 레일 각각은, 방향 밸브를 통해 N개의 유압 압력 레일 각각을 서빙하는 출구를 갖는, 단일 유체 정압 펌프에 의해 공급되는 유압 동력을 나타낸다.

[0064] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 두 개 이상의 유체 정압 펌프가 N개의 유압 압력 레일에 유압 동력을 공급하기 위해 사용된다.

[0065] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, 유체 정압 펌프(들)는 고정 또는 가변 변위 중 하나에 기초한다.

[0066] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, N은 3이다.

[0067] 일 실시예에 따르면, 상기 유압 제어 시스템에서, N은 2이다.

도면의 간단한 설명

[0068] 도 1a는 종래 기술에 따른 유압 회로의 개략도이다.

도 1b는 도 1a의 유압 회로에 따른, 이산화된 힘의 수를 도시하는 그래프이다.

도 2는 본 개시에 따른, 밸브 배열체의 개략도이다.

도 3a, 도 3b, 및 도 3c는 본 개시에 따른, 유압 회로이다.

도 4는 두 개의 챔버가 대향 방향으로 유동을 갖는 본 개시에 따른 밸브 배열체의 실시예의 개략도이다.

도 5는 세 개의 챔버를 갖는 시스템에서 본 개시에 따른 밸브 배열체의 실시예의 개략도이다.

도 6은 일 실시예에 따른, 본 개시의 밸브 배열체에 대한 제어 스킴(scheme)의 개략도이다.

도 7은 도 6에 도시된 외부 루프 제어를 나타내는 블록도의 개략도이다.

도 8a 및 도 8b는 본 개시에 따른, 제어 스킴을 도시하는 두 개의 페이지에 걸쳐 펼쳐진 단일 흐름도 스프레드를 나타낸다.

도 9는 본 개시에 따른, 압력 제어의 블록도이다.

도 10은 27개의 이산화된 힘 모드를 초래하는 세 개의 챔버 및 세 개의 압력 레일을 갖는 선형 액추에이터를 포함하는 중장비 시스템을 위한 유압 배열체의 개략도이다.

도 11은 일 실시예에 따른, 도 10에 도시된 유압 회로에 대한 제어 스킴의 개략도이다.

도 12는 본 개시의 일 실시예에 따른, 압력 제어의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0069] 본 발명의 원리의 이해를 돕기 위한 목적으로, 도면에 예시된 실시예가 이제 참조될 것이며, 이를 설명하기 위해 특정 언어가 사용될 것이다. 그럼에도 불구하고, 이에 의해 본 개시의 범주의 제한이 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0070] 본 개시에서, 용어 "약"은 값 또는 범위의, 예를 들어, 명시된 값 또는 범위의 명시된 한도의 10% 이내, 5% 이내, 또는 1% 이내의 변동성을 허용할 수 있다.

[0071] 본 개시에서, 용어 "실질적으로"는 값 또는 범위의, 예를 들어, 예를 들어, 명시된 값 또는 범위의 명시된 한도의 90% 이내, 95% 이내, 또는 99% 이내의 변동성을 허용할 수 있다.

[0072] 하나의 압력 레일이 다른 압력 레일로 전환될 때 임의의 두 개의 압력 레일 사이의 단락 없이 압력 레일로부터 격리된 유동으로 독립적인 챔버 압력 제어를 제공할 수 있는 유압 아키텍처의 신규한 밸브 배열체가 본원에 제공된다. 추가로, 전술한 신규한 밸브 배열체를 이용하는 유압 아키텍처의 신규한 방법 및 시스템 접근법이 본원

에 제공된다. 이를 위해, 본 개시에 따른 밸브 배열체(100)의 개략도가 도시된 도 2가 참조된다. 도 2에 도시된 실시예 및 본 개시의 모든 다른 실시예에서, 밸브 배열체는 압력 레일에 커플링되도록 각각 구성되는 M개의 유압 레일 포트들(100_1, 101_2, 101_3)(도 2에서, M=3이며 고압(HP)(102), 중압(MP)(104), 및 저압(LP)(106)을 포함함), 액추에이터의 챔버에 커플링되도록 각각 구성되는 N개의 유압 챔버 포트, 및 N개 또는 2N개의 비례 밸브(110)(도 2에서, N=1)를 포함한다. 각각의 비례 밸브는 최대 M개의 유압 레일 포트에 커플링될 수 있는 레일 측(112) 및 대응하는 유압 챔버 포트(108)에 커플링되는 챔버 측을 포함한다. N개의 비례 밸브가 사용될 때, N개의 비례 밸브의 각각의 레일 측은 대응하는 유압 챔버 포트에 유압 유체를 공급하도록 구성된 공급 측 및 대응하는 유압 챔버 포트로부터 유압 유체를 수용하도록 구성된 리턴 측으로 분할된다. 하나는 챔버를 공급 측에 연결하고 다른 하나는 챔버를 리턴 측에 연결하는 2N개의 2-방 밸브를 사용하는 것이 또한 가능하다. 게다가, 본 개시의 밸브 배열체는 N개의 비례 밸브(110) 각각의 공급 측(116)의 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)을 커플링하는 X개의 온-오프 밸브들(120_1, 120_2) 및 체크 밸브들(122_1, 122_2) 세트를 포함한다. X는 M-1(이 경우 M=3 및 X=2)의 최대 수를 갖는다. X는 1의 최소 수를 가진다. 또한, 본 개시의 밸브 배열체는 N개의 비례 밸브(110) 각각의 리턴 측(118) 각각에 두 개 이상의 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)을 커플링하고, M-1개의 최대 수를 갖는 Y개(도 2에서, Y=2)의 온-오프 밸브들(124_1, 124_2) 및 체크 밸브들(126_1, 126_2) 세트를 포함한다. Y는 1의 최소 수를 갖는다. 아래에서 논의되는 바와 같이, 온-오프 밸브 및 비례 밸브 각각의 선택적인 작동은 N개의 유압 챔버 포트 중 각각의 하나에 정확하고 효율적인 압력-제어를 제공한다.

[0073] 추가적으로, N개의 비례 밸브(110) 각각의 공급 측(116) 상의 온-오프 밸브들(120_1, 120_2) 및 체크 밸브들(122_1, 122_2)은 비례 밸브(110)의 공급 측(116)의 압력을 선택적으로 정의하도록 협력한다. 또한, N개의 비례 밸브(110) 각각의 공급 측(116) 상의 온-오프 밸브들(120_1, 120_2) 및 체크 밸브들(122_1, 122_2)은 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)로부터 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)로의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다. 또한 추가적으로, N개의 비례 밸브(110) 각각의 리턴 측(118) 상의 온-오프 밸브들(124_1, 124_2) 및 체크 밸브들(126_1, 126_2)은 비례 밸브(110)의 리턴 측(118)의 압력을 선택적으로 정의하기 위해 협력한다. 또한, N개의 비례 밸브(110) 각각의 리턴 측(118) 상의 온-오프 밸브들(124_1, 124_2) 및 체크 밸브들(126_1, 126_2)은 제1 압력을 갖는 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)로부터 제2 압력을 갖는 유압 레일 포트들(101_1, 101_2, 101_3)로의 유체 유동을 방지하기 위해 협력하며, 제1 압력은 제2 압력보다 높다.

[0074] 위에서 논의된 바와 같이, 도 2에 도시된 밸브 배열체(100)는 세 개의 압력 레일: 고압 레일(102), 중압 레일(104), 및 저압 레일(106)에 커플링된다. 이들 세 개의 압력 레일은 온/오프 밸브들(120_1, 120_2, 124_1, 124_2)(1V2, 1V3, 1V7, 및 1V9로 도시됨) 및 체크 밸브들(122_1, 122_2, 122_1, 122_2)(1V4, 1V5, 1V6, 및 1V8로 도시됨) 뿐만 아니라 비례 밸브(110)(1V1로 도시됨)의 조합을 통해 액추에이터의 챔버에 커플링된다. 도시된 실시예에서, 3/3 비례 밸브(110)(1V1)의 입구 포트(130)는 온/오프 밸브(120_1)(1V2)를 통해 고압 레일(102)에 커플링된다. 동일한 포트가 또한 온/오프 밸브(120_2)(1V3) 및 체크 밸브(122_1)(1V4)를 통해 중압 레일(104)에 커플링된다. 입구 포트(130)는 또한 체크 밸브(122_1)(1V5)를 통해 저압 레일(106)에 커플링된다. 유사하게, 비례 밸브(110)(1V1)의 출구 포트(132)는 체크 밸브(126_1)(1V6)를 통해 고압 레일(102)에, 온/오프 밸브(124_2)(1V9) 및 체크 밸브(126_2)(1V8)를 통해 중압 레일(104)에, 그리고 온/오프 밸브(124_1)(1V7)를 통해 저압 레일(106)에 커플링된다. 1V10으로 식별된 사전 로딩된 체크 밸브(128)가 챔버 내의 캐비테이션(cavitation)을 피하기 위해 추가될 수 있다. 게다가, 1V11로 식별되는 릴리프(relief) 밸브(130)가 챔버 내의 최대 압력을 제한하는 안전 장치로서 사용된다.

[0075] 도 2에 도시된 밸브 배열체(100)의 작동을 더 잘 설명하기 위해, 이하의 시나리오가 예로서 제공된다. 온/오프 밸브(120_2)(1V2)가 초기에는 고압 레일(102)로부터 비례 밸브(110)(1V1)로 고압을 제공하기 위해 턴 온 된다고 가정한다. 공급 측(116)이 비례 밸브(110)(1V1)를 중압 레일(104)에 커플링함으로써 압력을 중압으로 변경하기를 원한다면, 온/오프 밸브(120_1)(1V2)는 비활성화되는 반면, 동시에 온/오프 밸브(120_2)(1V3)는 활성화된다. 종래 기술에 관하여 상기 설명된 단락의 문제는 체크 밸브들((122_1)(1V4) 및 (122_2)(1V5))에 의해 완화되고, 이

에 의해 비례 밸브(110)(1V1)로부터의 고압 유체는 체크 밸브들((122_1)(1V4) 및 (122_2)(1V5))에 의해 각각 중압 레일(104)(MP 라인) 및 저압 레일(106)(LP 라인)로부터 차단된다.

[0076] 도 2에 도시된 배열체(100)는 단지 예일 뿐이라는 것이 이해되어야 한다. 본 개시의 밸브 배열체는 더 많거나 적은 수의 압력 레일을 포함할 수 있다. 동일한 개념을 사용하면서 상이한 밸브 조립체가 가능할 수 있다는 것에 또한 주의해야 한다. 예를 들어, 적용에 따라, 비례 밸브(110)(1V1)의 입구/출구 포트(130/132) 모두를 모든 세 개의 압력 레일에 커플링할 필요가 없을 수 있다. 그 시나리오에서는, 온/오프 밸브의 수가 감소될 수 있다. 이러한 회로의 예가 도 3a, 도 3b 및 도 3c에 도시되며, 이는 각각 유압 회로의 예를 제공한다.

[0077] 도 3a는 비례 밸브(210)(2V1)가 두 개의 온/오프 밸브들((220)(2V2) 및 (224)(2V4))에 커플링된다는 점에서 도 2와 유사하다. 도 3b는 비례 밸브(310)(3V1)가 세 개의 온/오프 밸브((320)(3V2), (324)(3V4), 및 (326)(3V7))에 커플링된다는 점에서 도 2와 유사하다. 도 3c는 비례 밸브(410)(4V1)가 세 개의 온/오프 밸브((420)(4V2), (424)(4V4), 및 (426)(4V6))에 커플링된다는 점에서 도 2와 유사하다.

[0078] 유사하게, 대향 방향으로의 유동을 갖는 두 개의 챔버(즉, 두 개의 대향하는 챔버를 갖는 실린더)인 경우, 대향 방향으로의 유동을 갖는 두 개의 챔버를 갖는 본 개시에 따른 밸브 배열체의 실시예의 개략도를 제공하는 도 4에 도시된 바와 같이, 각각의 챔버에 커플링된 두 개의 연관된 비례 밸브가 동일한 온/오프 및 체크 밸브 세트를 공유하는 것이 가능하다.

[0079] 본 개시에서, 도 2의 밸브 배열체(100) 또는 통상의 기술자의 역량(skill set) 내의 그 가능한 변형은 선형 액추에이터 챔버의 압력을 제어하는데 사용된다. 적용 요구에 따른 필요에 따라, 도 2 및/또는 도 4에 도시된 구성을 모사함으로써(replicating), 두 개 초과의 챔버를 갖는 아키텍처로 개념을 확장하는 것이 또한 가능하다는 점이 강조되어야 한다. 다수의 챔버를 갖는 시스템의 예가 도 5에 나타나며, 이는 세 개의 챔버를 갖는 시스템에서 본 개시에 따른 밸브 배열체의 실시예의 개략도를 제공한다.

[0080] 도 5를 참조하여, 챔버들(A 및 C)이 팽창하고 챔버(B)가 후퇴하면서 다중-챔버 실린더가 연장된다고 가정한다. 밸브를 작동시키는 것을 담당하는 제어 메커니즘은 중앙 및 최좌측 위치 사이에 머무르도록 비례 밸브(6V10)를 이동시키도록 명령을 받아서 이는 챔버 측을 비례 밸브의 공급 측에 연결하고 각각의 챔버 압력은 레일로부터 챔버로의 유동에 의해 원하는 대로 제어될 수 있게 된다. 유사하게, 비례 밸브(6V15)는 중앙과 최우측 위치 사이에 유지되어, 그 각각의 챔버 측을 리턴 측에 연결하고, 그 각각의 챔버 내의 압력을, 챔버로부터 레일로의 유동으로 제어한다.

[0081] 밸브(6V10)에 걸친 스로틀링 손실을 최소화하기 위해, 감독 제어기는 비례 밸브의 공급 측에서 이용 가능한 압력 레벨들 사이에서 선택하고 온/오프 밸브들(6V11 및 6V12)의 상태를 명령한다. 유사하게, 밸브(6V15)에 걸친 스로틀링 손실을 최소화하기 위해, 제어기는 리턴 측에서 이용 가능한 압력 레벨들 사이에서 선택하고, 온/오프 밸브들(6V17 및 6V19)의 상태를 결정한다. 챔버(C)에 연결된 밸브 세트는 챔버(A)와 유사한 방식으로 제어되고 나머지 온/오프 밸브들(6V7 및 6V9)은 폐쇄된 채로 유지된다.

[0082] 실린더 후퇴 동안, 작동은 유사하다. 하지만, 이러한 경우에, 비례 밸브(6V10)는 중앙 및 최우측 위치 사이에 있을 것이며, 리턴 측에 챔버(A)를 연결하는 반면, 비례 밸브(6V15)는 중앙 및 최좌측 위치 사이에 있을 것이며, 공급 측에 챔버(B)를 연결할 것이다. 챔버(C)의 압력은 챔버(A)의 압력과 유사한 방식으로, 그 자신의 전용 밸브 세트에 의해 제어된다. 제4 챔버가 챔버(B)의 방향과 대향하는 방향으로 실린더에 추가된다면, 이는 또한 비례 밸브(6V1)를 공급하는 데 사용되는 온/오프 밸브 및 체크-밸브 세트를 공유할 수 있다.

[0083] 다중-챔버 실린더 내의 압력을 제어하기 위한 본 개시의 밸브 배열체는 위에서 논의된 종래 기술의 배열체에 대하여 몇몇 이점을 제공한다. 첫째, 본 개시의 밸브 배열체는 밸브가 하나의 압력 레일로부터 다른 압력 레일로 전환될 때 압력 레일들 사이의 임의의 단락을 회피한다. 동시에, 위에서 추가로 논의된 바와 같이 밸브를 적절하게 지연시키기 위해 복잡한 제어 메커니즘이 필요하지 않다. 이러한 단순하고 우아한 아키텍처는 레일 사이의 어떠한 혼선 또는 단락 없이 압력 레일들 사이의 즉각적인 전환(고압 레일을 중압 레일로; 중압 레일을 저압 레일로; 고압 레일을 저압 레일로; 중압 레일을 고압 레일로; 및 중압 레일을 저압 레일로)을 가능하게 하는 한편, 다중-챔버 실린더 챔버 중 각각의 하나의 독립적인 압력 제어를 여전히 허용하는데, 이는 비례 밸브가 하류에서 일정 정도의 압력 제어를 제공하기 때문이다. 따라서, 밸브의 개방의 비례성을 조정함으로써, 주어진 공급 및 리턴 레일 선택에서 미세-조정 제어가 달성 가능하다. 둘째, 종래 기술에서와 같이 두 개 또는 때때로 세 개 대신, 챔버 당 단일 비례 밸브만이 필요하다. 이러한 접근법은 비용을 절감하는 것 뿐만 아니라 제어 복잡성을 낮추는 추가적인 이점을 초래한다.

[0084] 일 실시예에 따르면, 이들 세 개의 밸브 배열체에 대한 제어 스킴(500)이 도 6에 도시된다. 직접적인 힘 제어가 또한 가능하지만, 사용될 수 있는 추가적인 외부-루프 제어기(502)를 갖는 예가 도시된다. 외부 루프는 제어될 상태에 대한 기준 신호와 그 실제 측정 사이의 차이를 평가한다. 위치(x) 또는 속도($\dot{x}$) 제어는 도 7에 도시된 바와 같이 기준 힘 명령을 조정하는 PID 제어기에 의해 달성된다. 이득(K_p)은 제어 상태(도시된 예에서는 속도)의 에러에 비례하는 제어 입력을 생성하기 위해 에러에 대해 스케일링되는(scale) 반면, 이득(K_I 및 K_D)은 각각 추적 에러 적분 및 미분에 작용한다. 세 개의 제어기 구성요소 모두는 힘 명령을 발생하기 위해 그 후 합산되고, 이는 힘 모드 선택 알고리즘으로 전송된다.

[0085] 힘 모드 선택 알고리즘은 레일 압력과 실린더 속도뿐만 아니라, 원하는 실린더 힘을 수신한다. 이는 그 후, 에너지 손실이 최소화되도록 각각 온/오프 밸브($u_{on/off}$)의 상태를 선택한다. 알고리즘의 다이어그램은 도 8a 및 도 8b에 도시되며, 이는 알고리즘을 두 개의 페이지로 나눈 두 개의 도면이다. 본 명세서에 제공된 다이어그램 및 다른 도면에 관하여, 그에 제공된 변수는 아래 표 1에서 정의된다.

표 1

[0086] 표 1 - 본 개시의 도면에 사용된 변수의 정의

A_A, A_B 및 A_C	챔버들(A 및 C)은 양의 방향으로 작용하고 챔버(B)는 음의 방향으로 각각 작용하는, 챔버들(A, B 및 C)의 유효 영역
$p_{ch,A}$, $p_{ch,B}$ 및 $p_{ch,C}$	챔버들(A, B 및 C)에서 요구되는 압력
$p_{s,A}$, $p_{s,B}$ 및 $p_{s,C}$	챔버들(A, B 및 C)에 연결되는 비례 밸브의 공급 측 압력
$p_{r,A}$, $p_{r,B}$ 및 $p_{r,C}$	챔버들(A, B 및 C)에 연결된 비례 밸브의 리턴 측 압력
F_{ref}	기준 힘 명령
p_{max}	챔버에 허용되는 최대 압력
p_{min}	챔버에 허용되는 최소 압력
$\dot{x}$	액추에이터
Δp_A, Δp_B 및 Δp_C	각각 챔버(A, B 및 C)에 연결된 비례 밸브에 걸친 압력 강하
F_{mode}	비례 밸브에 걸친 압력 강하가 0일 때, 주어진 모드에서 얻어질 힘
i	상이한 챔버에 대한 일반적 기준. A, B 또는 C 중 하나일 수 있음
$Mode$	모드 수, 이 경우 1≤모드≤27
$Mode_{last}$	이전 시간 단계의 최적의 실린더 모드
J_I	실행 불가능한 모드에 적용된 페널티
J_{CE}	큰 제어 노력이 필요한 모드 전이에 적용되는 페널티
t_{sw}	이전 전환 이후 경과된 시간
t_{target}	전환 간 간격에 대한 목표 시간
t_s	제어기 샘플링 시간
J_{EL}	에너지 손실에 대한 페널티
J_{mode}	주어진 모드와 연관된 총 비용
J_{min}	최소 비용으로 모드와 연관된 총 비용
$p_{ref,A}$, $p_{ref,B}$ 및 $p_{ref,C}$	각각 챔버들(A, B 및 C)에 대한 기준 압력 명령

[0087] 각각의 이용 가능한 모드에 대해, 코드는 이하를 평가하고,

[0088] $$J_{mode} = J_{EL} + J_{CE} + J_I$$

[0089] 여기서 J_{EL}은 에너지 손실에 대한 페널티인 반면, J_{CE}는 빈번한 전환을 피함으로써 전환을 위해 필요한 제어 노력을 불리하게 하고(penalize) J_I는 현재 작동 조건에서 실현 가능하지 않은 모드를 불리하게 한다. 알고리즘은

이용 가능한 모드 각각에 대해 J_{mode}를 평가했다. 도 8b에서, 최적의 해결책의 선택은 섹션(4)(“4” 로 식별된 블록)에서 수행된다. 게다가, 각각의 모드에서 압력들($p_{s,A}$, $p_{s,B}$, $p_{s,C}$ 및 $p_{r,A}$, $p_{r,B}$, $p_{r,C}$)이 정의되기 때문에, 실시예의 섹션 2에서 강조된 바와 같이, 모드 실현 가능성은 비례 밸브에 걸쳐 필요하고 달성 가능한 압력 차이를 평가함으로써 검증될 수 있다. 상기 섹션(3)에서, 이전 전환 이후 경과된 시간(t_{sw})이 다음 전환의 목표 시간 간격(t_{target})보다 낮을 때, 제어기는 모드 전환을 불리하게 한다. 제약 또는 목표가 충족되지 않는 경우, 큰 값들(LV1 및 LV2)에 의해 나타나는 패널티는 금지된 모드를 불리하게 하는데 사용되고, 따라서 이들의 선택을 피한다.

[0090] 블록은 각각의 모드에서 스로틀링 손실의 요구량을 평가하는데 이용되는 액추에이터 속도 측정을 수신한다. 이는 이하를 평가함으로써 수행되고

[0091] $$J_{EL} = abs\left(\dot{x} \cdot t_s \cdot [F_{ref} - F_{mode}]\right)$$

[0092] 여기서 t_s는 제어기 샘플링 시간이고, F_{mode}는 비례 밸브가 사용되지 않은 경우에 이용 가능할 결과적인 실린더 출력 힘이다.

[0093] 추가적으로, 알고리즘은 또한, 섹션(1)에서 강조된 바와 같이, F_{ref}가 달성되도록 각각의 실린더 챔버에서 필요한 압력을 평가한다. 이는 각각의 실린더 챔버에 대한 기준 압력($p_{ref,i}$)을 초래한다.

[0094] 각각의 실린더 챔버는 그 자신의 로컬 제어기를 갖고 도 9에 도시된 바와 같이 각각의 압력은 피드백 제어에 의해 제어된다. 이들 제어기는 제어기가 비례 밸브의 공급 측 및 리턴 측의 압력을 미리 알도록 온/오프 밸브($u_{on/off}$)에 대하여 명령된 상태에 대한 정보를 또한 수신한다. 따라서, 고압 레일(p_{hp}), 중압 레일(p_{mp}) 및 저압 레일(p_{lp})에서의 수신된 압력 레벨 및 밸브 상태에 기초하여, 압력 평가 로직 블록은 비례 밸브의 공급 측($p_{s,i}$) 및 리턴 측($p_{r,i}$)에서의 압력에 대한 값을 정의한다. 이러한 방식으로, 각각의 비례 밸브의 개방은, 원하는 유량이 소정의 압력 차에서 달성되도록 필요한 밸브 명령을 평가하는 비선형 밸브 맵에 의해 비례 밸브의 공급 측 또는 리턴 측 중 어느 하나에 압력의 변화가 있을 때 전자적으로 보상될 수 있다. 이러한 압력 차(Δp)는 측정된 챔버 압력($p_{ch,i,meas}$)과 공급 측 또는 리턴 측의 압력 사이의 차이를 평가함으로써 얻어진다. 이는 공급 측 압력과 리턴 측 압력 모두가 온/오프 밸브의 상태에 따라 달라지기 때문에 필요하다. 실시예는 기준 압력이 추적되도록 제어기 이득들($K_{P,i}$, $K_{I,i}$ 및 $K_{D,i}$)의 값에 기초하여 각각의 챔버에 대한 유동 명령(Q_{cmd})를 조정하는 PID 제어기를 또한 도시한다. 이 유동 명령은, 각각의 비례 밸브($u_{pv,i}$)에 대하여 명령을 출력하는, 밸브 비선형 맵에 대한 입력으로 사용된다.

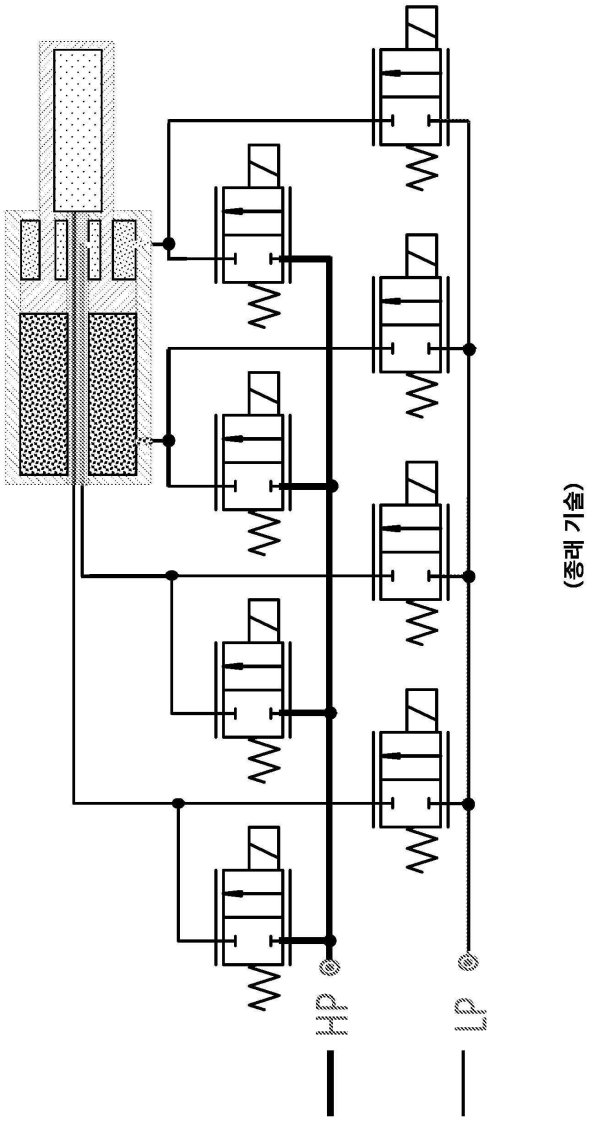
[0095] 게다가, 복잡한 액추에이터 설계를 필요로 하지 않고 많은 수의 이산화된 힘을 제공할 수 있는, 중장비를 위한 유압 아키텍처의 신규한 접근법이 나타난다. 이는, 실린더 설계 복잡성을 현저히 증가시킬 수 있고 그 신뢰성에 영향을 미칠 수 있는, 시스템 손실의 현저한 증가 없이 그리고 많은 수의 챔버를 갖는 실린더에 대한 필요 없이 비례 밸브를 통한 미세 제어 조정을 위한 작은 스로틀 제어의 도입을 가능하게 한다. 이를 위해, 27개의 이산화된 힘 레벨을 초래하는 세 개의 챔버 및 세 개의 압력 레일들(602, 604, 및 606)을 갖는 액추에이터(601)를 포함하는, 중장비 시스템을 위한 유압 배열체(600)의 개략도인 도 10이 참조된다. 도 10의 유압 배열체(600)는 하나의 액추에이터(601)를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 더 많은 - 선형 또는 회전 - 액추에이터가 동일한 압력 레일에 커플링될 수 있다. 선형 액추에이터(601)는 비례 밸브(간략화를 위해 개별적으로 식별되지 않음)의 네트워크에 의해 독립적으로 제어되는 세 개의 챔버를 포함한다. 비례 밸브의 네트워크의 각각의 밸브는 액추에이터 중 하나를 갖는 챔버를 공급 레일에 커플링하는 것을 담당한다. 세 개의 레일들(602, 604, 및 606)이 제공되고, 각각은 상이한 압력 레벨에 있다. 이러한 상이한 압력 레일은 도 10에 도시된 것과 같은 전원(내연기관(ICE))에 의해, 또는 통상의 기술자에게 공지된 다른 동력 발생 스킴(예를 들어, 전기 모터 등)에 의해 발생된다. 각각의 레일의 압력은 특정 적용에 따라 정의된 미리 결정된 한도 내로 유지되도록 제어되고, 유압 어큐뮬레이터가 이들 라인에 사용될 수 있다. 비록, 실시예가 압력 레일에 유동을 공급하는 두 개의 가변 변위 펌프를 갖는 시스템을 나타내더라도, 레일에 대한 유동 공급을 위한 상이한 구성을 개발하는 것이 또한 가능하다. 이들은 고정 변위 펌프, 또는 통상의 기술자에게 공지된 다른 변형의 사용을 포함할 수 있다. 레일의 압력 제어에 관하여, 하나 이상의 액추에이터 위치, 속도, 가속도 및/또는 힘으로부터의 피드백 신호는 레일 압력 범위를 조정하기 위해 뿐만 아니라 유압 유동 공급부, 예를 들어, 유체 정압 펌프로부터의 유동을 변화시키는 데 사용될 수

있다. 도시된 아키텍처에서, 따라서, 조종되는(pilot) 또는 직접 작동될 수 있는 아홉 개의 비례 밸브가 있다. 이들은 모든 세 개의 공급 레일들(602, 604, 및 606) 중 적어도 두 개에 각각의 챔버를 연결하는 다중-챔버 액추에이터(601)에 커플링된다. 모든 챔버가 모든 세 개의 레일들에 커플링될 때, 27개의 이산 레벨의 힘(3^3)이 달성되고, 27개의 이산화된 레벨의 각각의 레벨 내에서, 비례 밸브들에 의해 제공되는 다수의 마이크로-조정이 가능하게 된다. 이러한 배열체는, 예를 들어, 실린더 설계의 복잡도를 현저히 감소시키면서, 예를 들어, 다섯 개의 챔버를 세 개로 감소시키는 반면, 더 많은 수의 이산 힘 이용 가능성을 산출하고, 따라서 액추에이터 효율을 증가시킴으로써 종래 기술에 비해 우수한 레벨의 이산화를 제공한다. 게다가, 이용 가능한 더 많은 수의 힘 레벨에 의해 산출되는 더 높은 시스템 효율은 높은 전체 시스템 효율을 유지하면서 정밀한 모션 제어를 위해 세 개의 챔버 중 임의의 챔버에 작은 스로틀 제어를 도입하는 것을 허용한다. 제어 접근법에 있어서, 이 아키텍처는 도 6, 도 7 그리고 도 8a 및 도 8b에서 이미 설명된 것과 유사한 구조를 갖고, 유일한 차이는 로컬 압력 제어기이다. 상부 레벨 제어 블록도가 도 11에 나타나고, 압력 제어기의 세부 사항은 도 12에 나타난다. 이 경우, 가능한 최저 압력 강하에서 원하는 유량을 제공할 수 있는 밸브를 선택하는(Q_{cmd}) 상이한 밸브 선택 로직이 구현된다. 이 블록은 어떤 밸브가 활성화되어 있고 어떤 밸브가 활성화되어 있지 않은지(u_{off})를 비선형 밸브 맵에 알린다. 그 후, 맵은 챔버(i)에 연결된 비례 밸브 중 각각의 하나에 대해 밸브 명령을 출력한다. 그 결과, 주요 차이점은, 이 경우, 제어기가 하나는 HP 압력 레일($u_{pv,i,hp}$)에 연결되고, 하나는 중압 레일($u_{pv,i,mp}$)에 연결되고, 하나는 저압 레일($u_{pv,i,lp}$)에 연결되는 세 개의 비례 밸브 - 동일한 챔버에 연결됨 - 에 대해 명령을 출력한다는 것이다.

[0096] 통상의 기술자는 다수의 수정이 상기 설명된 특정 구현에 대해 이루어질 수 있다는 것을 인식할 것이다. 구현은 설명된 특정 제한으로 제한되지 않아야 한다. 다른 구현이 가능할 수 있다.

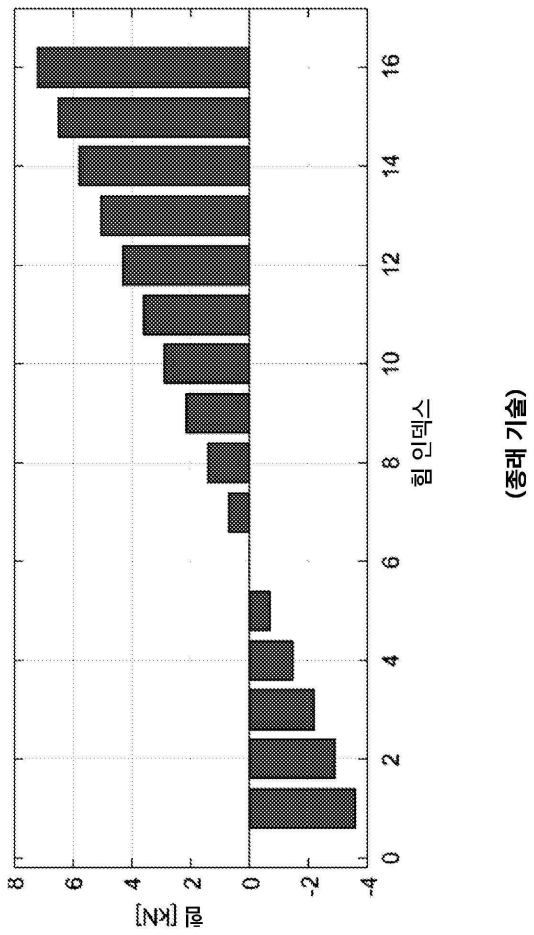
도면

도면1a

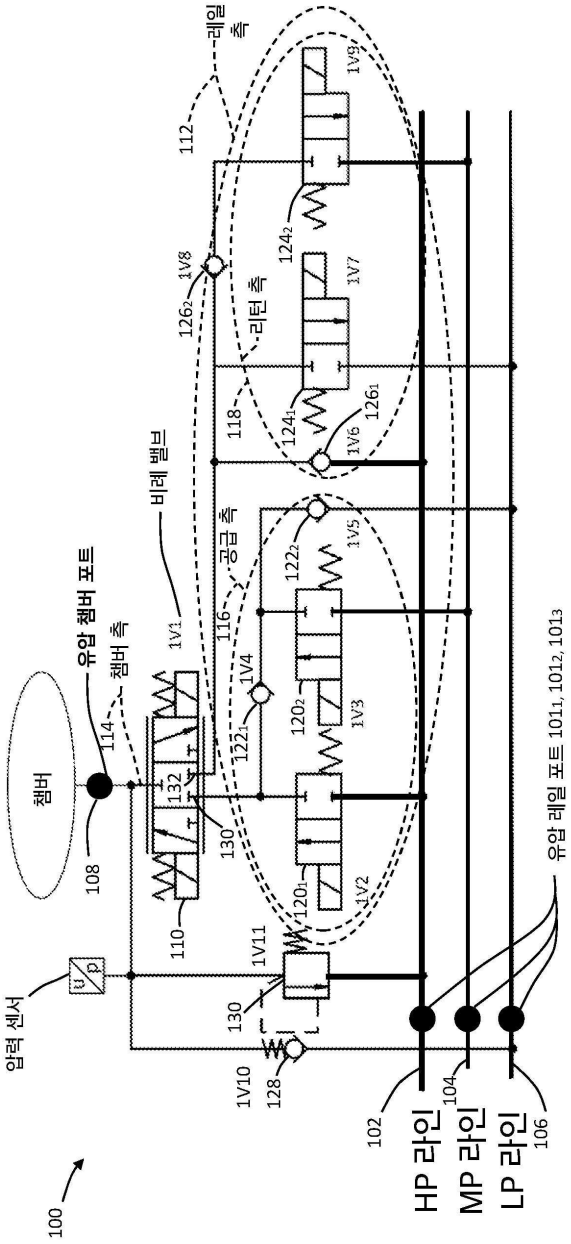


(종래 기술)

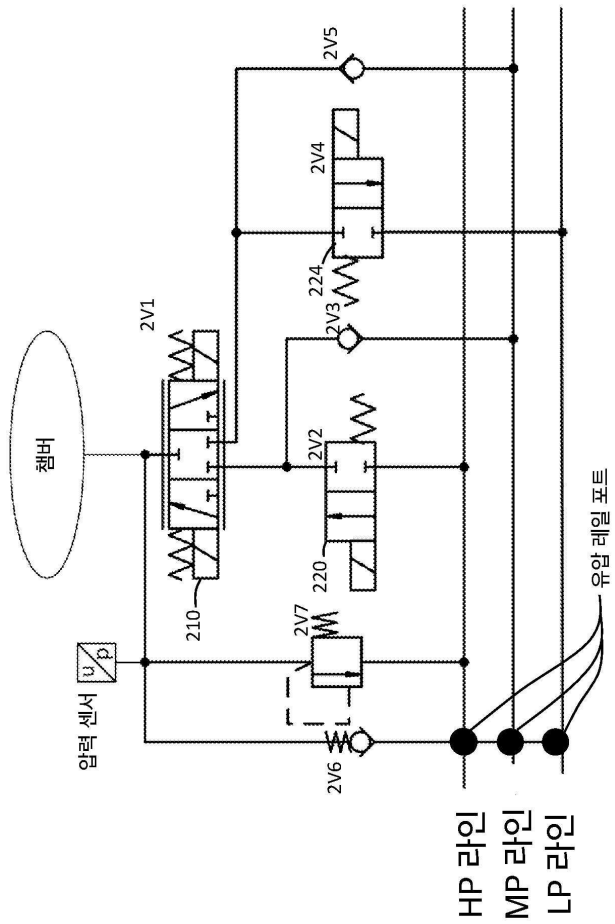
도면1b



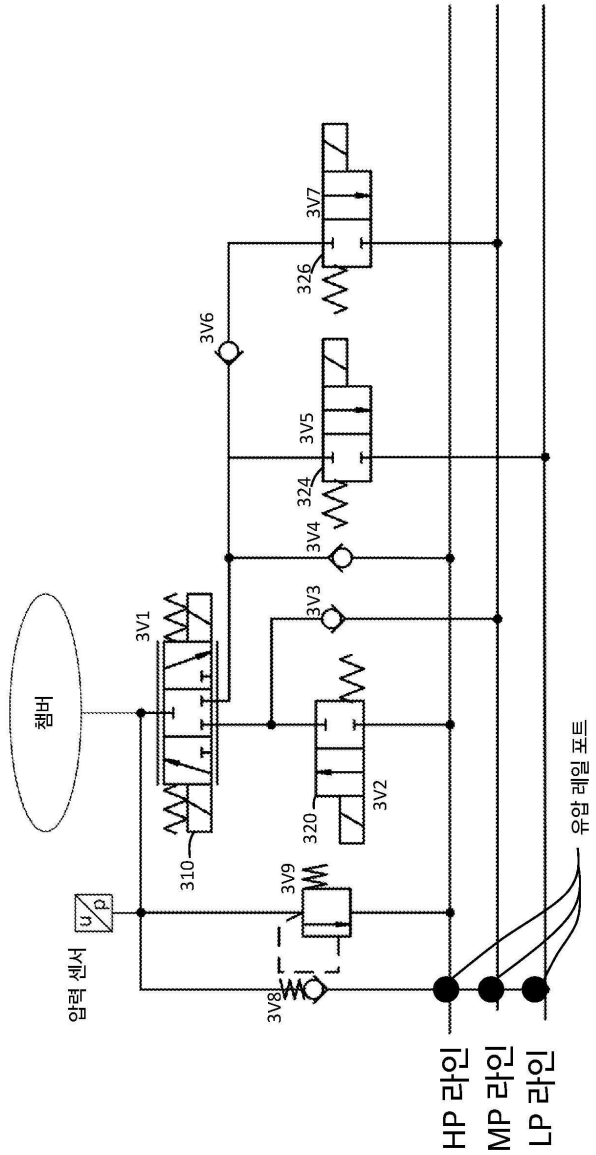
도면2


100
압력 센서
u/p
챔버
108
유압 챔버 포트
114
챔버 측
110
132
130
비례 밸브
1V1
116
공급 측
1V4
122₁
120₁
1V2
1V11
130
1V10
128
118
리턴 측
1V8
126₂
112
레일 측
1V9
124₂
1V7
124₁
126₁
1V6
1V5
122₂
120₂
1V3
102
HP 라인
104
MP 라인
106
LP 라인
유압 레일 포트 101₁, 101₂, 101₃

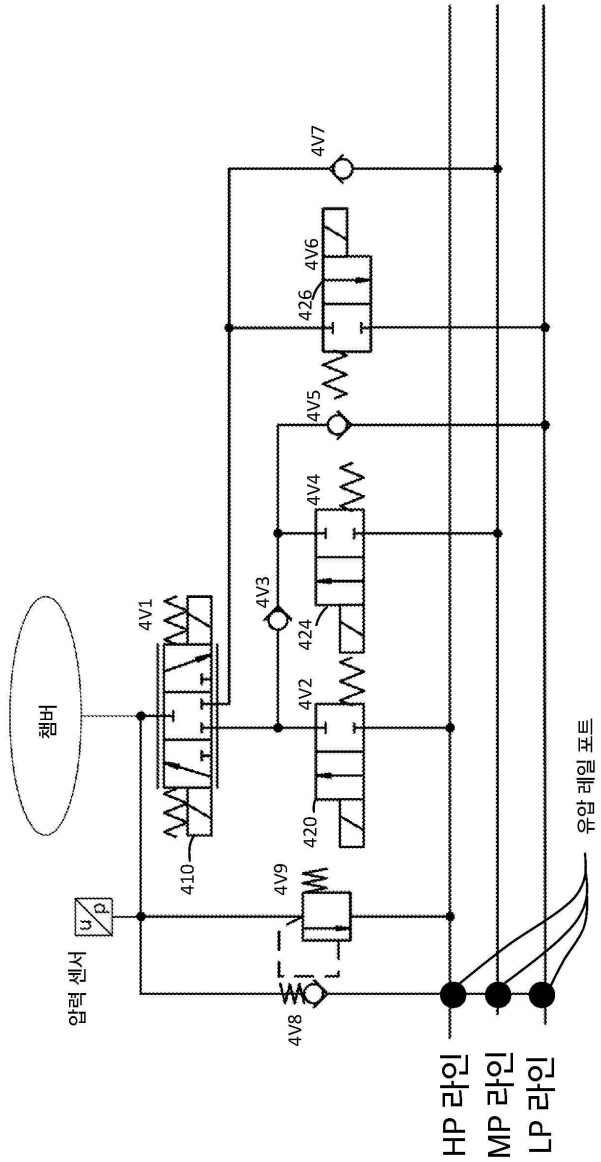
도면3a


챔버
2V1
210
2V2
220
2V3
224
2V4
2V5
2V6
2V7
압력 센서
유압 레일 포트
HP 라인
MP 라인
LP 라인

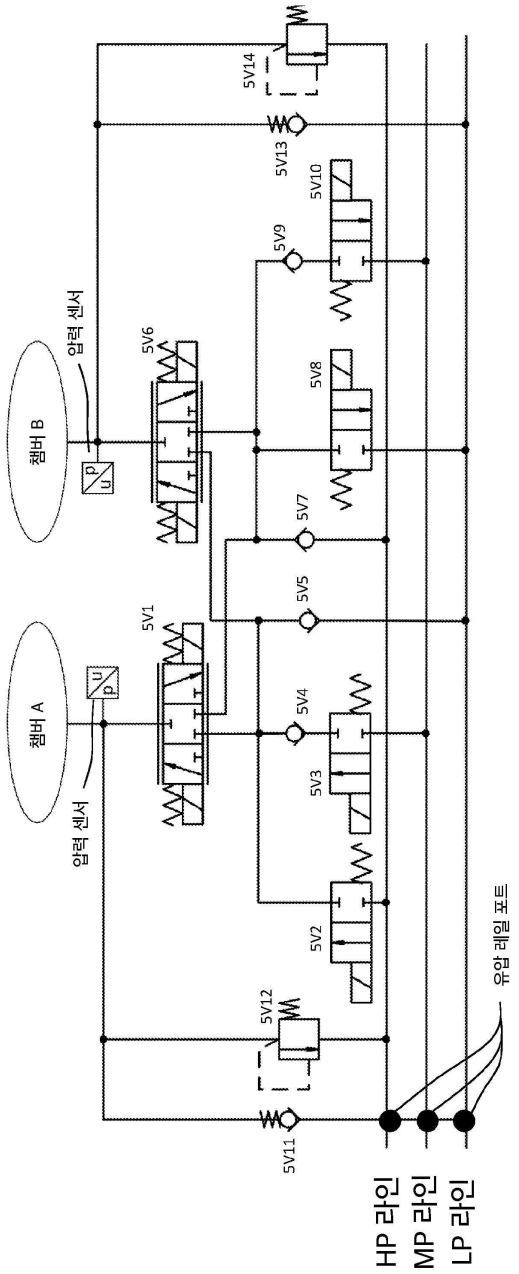
도면3b


챔버
3V1
310
3V9
3V8
압력 센서
320
3V2
3V3
3V4
324
3V5
326
3V7
3V6
유압 레일 포트
HP 라인
MP 라인
LP 라인

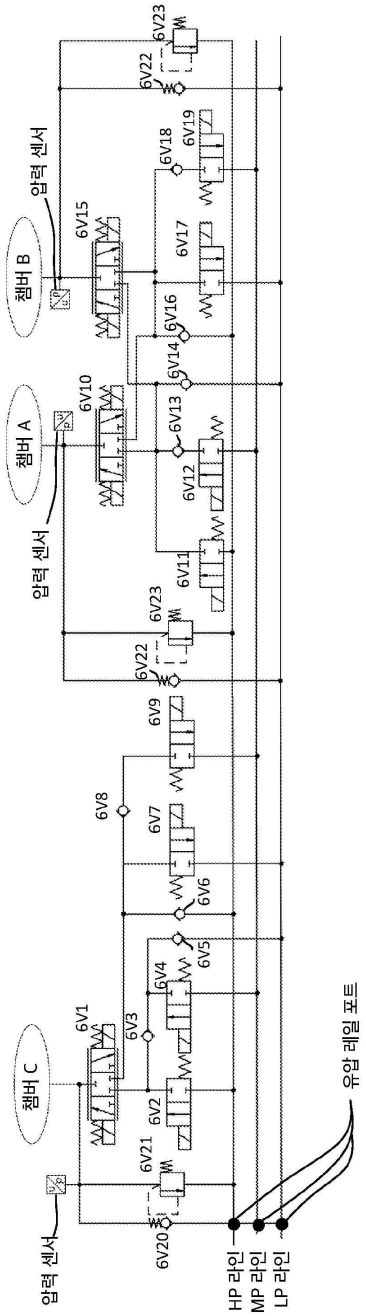
도면3c


4V7
4V6
426
4V5
4V4
4V3
424
4V2
4V1
420
410
4V9
4V8
챔버
압력 센서
유압 레일 포트
HP 라인
MP 라인
LP 라인

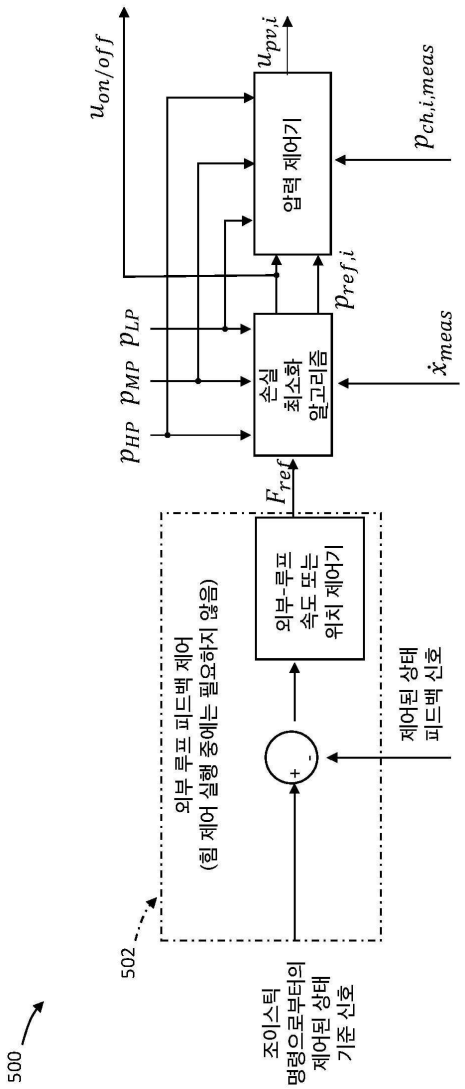
도면4


5V14
5V13
5V10
5V9
5V8
5V7
5V6
5V5
5V4
5V3
5V2
5V1
5V12
5V11
챔버 B
챔버 A
압력 센서
압력 센서
유압 레일 포트
HP 라인
MP 라인
LP 라인

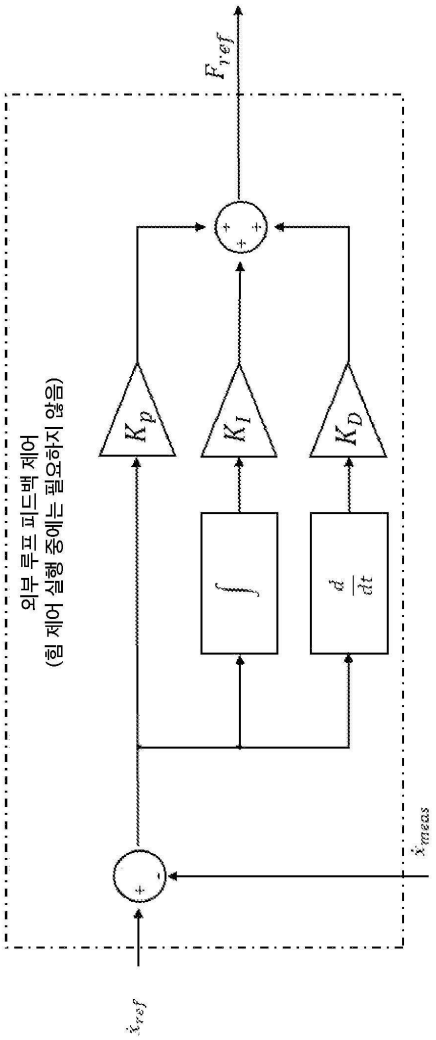
도면5


챔버 C
챔버 A
챔버 B
압력 센서
압력 센서
압력 센서
6V1
6V2
6V3
6V4
6V5
6V6
6V7
6V8
6V9
6V10
6V11
6V12
6V13
6V14
6V15
6V16
6V17
6V18
6V19
6V20
6V21
6V22
6V23
HP 라인
MP 라인
LP 라인
유압 레일 포트

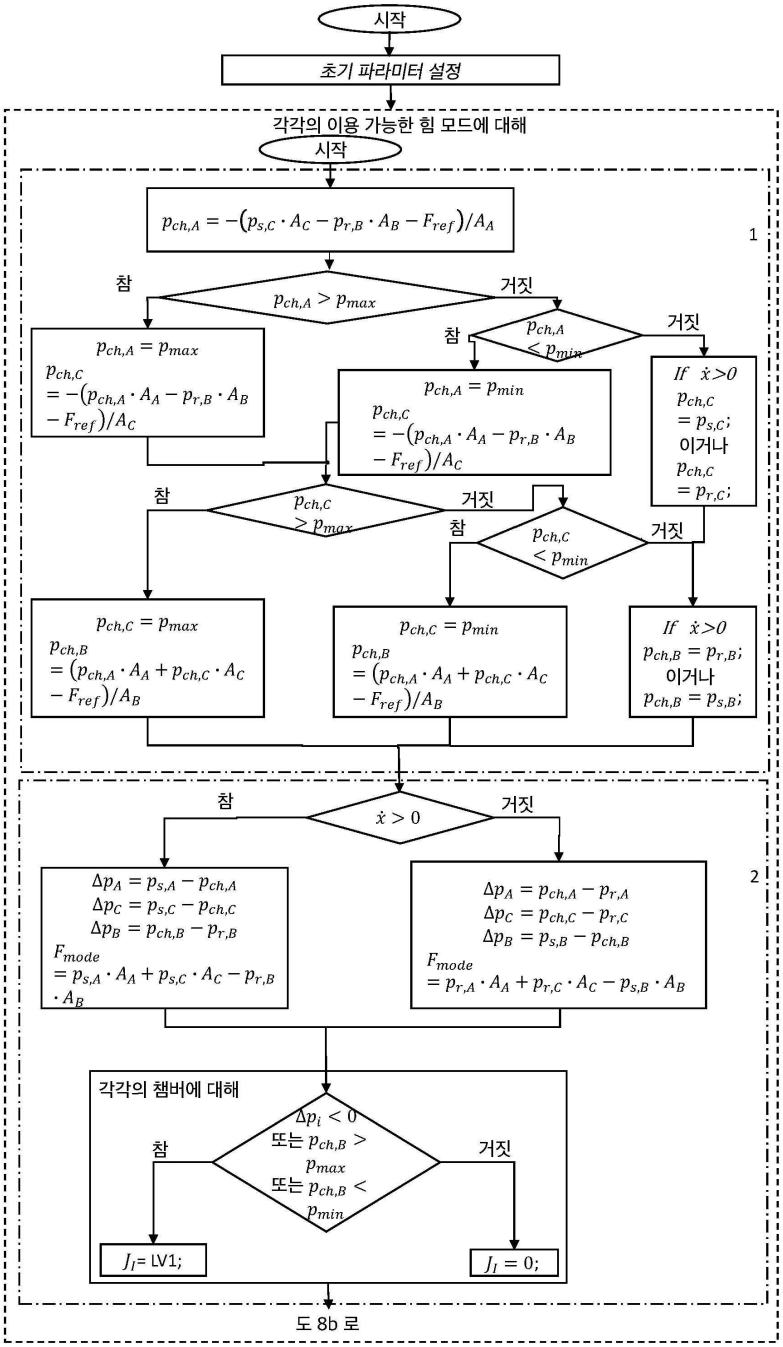
도면6


500
조이스틱
명령으로부터의
제어된 상태
기준 신호
502
외부 루프 피드백 제어
(힘 제어 실행 중에는 필요하지 않음)
외부-루프
속도 또는
위치 제어기
제어된 상태
피드백 신호
+
-
F_{ref}
손실
최소화
알고리즘
p_{HP}
p_{MP}
p_{LP}
$u_{on/off}$
$p_{ref,i}$
$\dot{x}_{meas}$
압력 제어기
$u_{pv,i}$
$p_{ch,i,meas}$

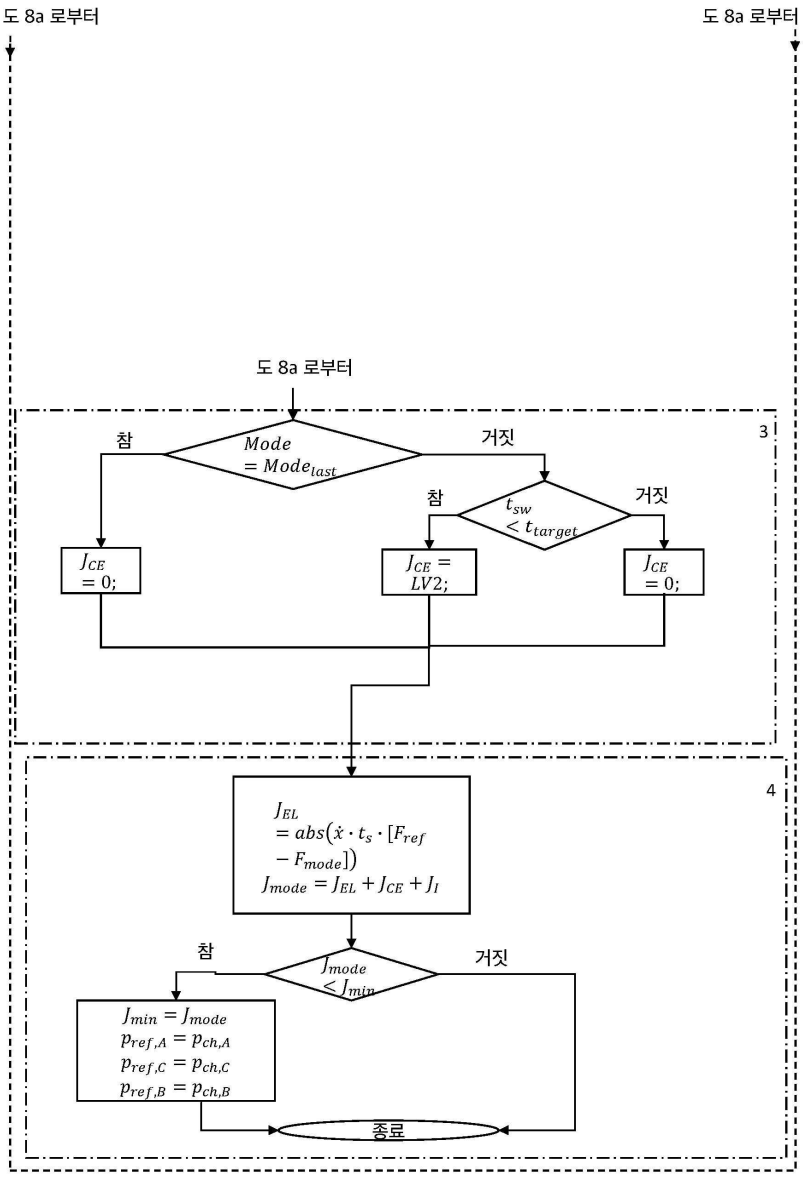
도면7


$F_{r,ref}$
외부 루프 피드백 제어
(힘 제어 실행 중에는 필요하지 않음)
K_p
K_I
K_D
$\int$
$\frac{d}{dt}$
x_{meas}
x_{ref}

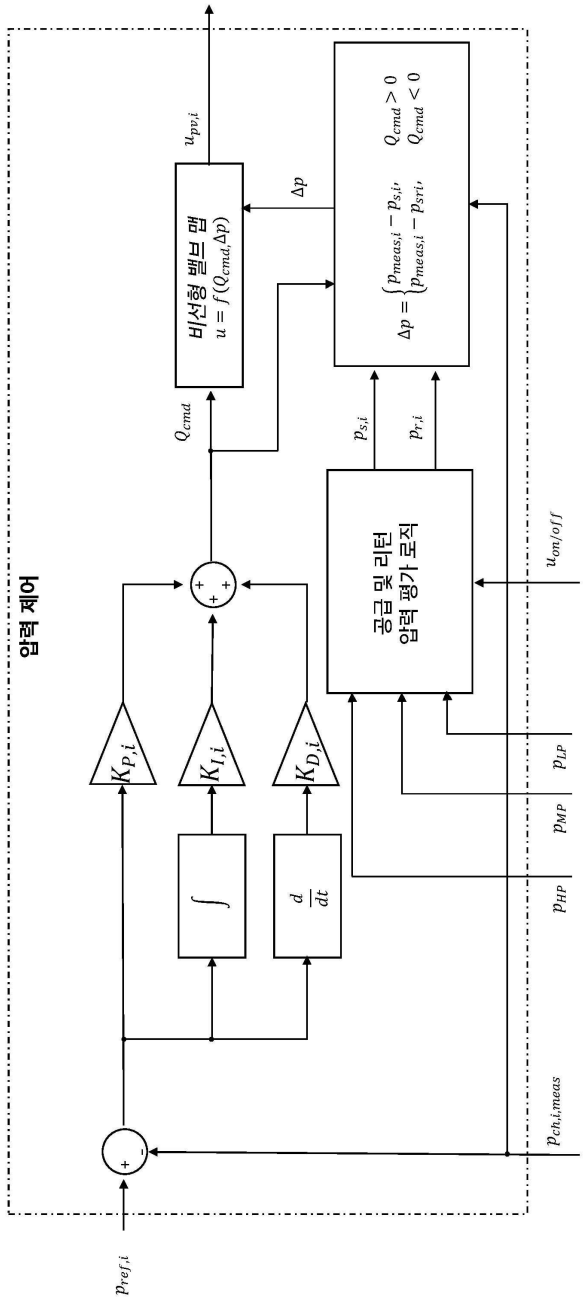
도면8a


시작
초기 파라미터 설정
각각의 이용 가능한 힘 모드에 대해
시작
$p_{ch,A} = -(p_{s,C} \cdot A_C - p_{r,B} \cdot A_B - F_{ref})/A_A$
1
참
$p_{ch,A} > p_{max}$
거짓
참
$p_{ch,A} < p_{min}$
거짓
$p_{ch,A} = p_{max}$
$p_{ch,C} = -(p_{ch,A} \cdot A_A - p_{r,B} \cdot A_B - F_{ref})/A_C$
$p_{ch,A} = p_{min}$
$p_{ch,C} = -(p_{ch,A} \cdot A_A - p_{r,B} \cdot A_B - F_{ref})/A_C$
If $\dot{x}>0$
$p_{ch,C} = p_{s,C}$;
이거나
$p_{ch,C} = p_{r,C}$;
참
$p_{ch,C} > p_{max}$
거짓
참
$p_{ch,C} < p_{min}$
거짓
$p_{ch,C} = p_{max}$
$p_{ch,B} = (p_{ch,A} \cdot A_A + p_{ch,C} \cdot A_C - F_{ref})/A_B$
$p_{ch,C} = p_{min}$
$p_{ch,B} = (p_{ch,A} \cdot A_A + p_{ch,C} \cdot A_C - F_{ref})/A_B$
If $\dot{x}>0$
$p_{ch,B} = p_{r,B}$;
이거나
$p_{ch,B} = p_{s,B}$;
참
$\dot{x} > 0$
거짓
2
$\Delta p_A = p_{s,A} - p_{ch,A}$
$\Delta p_C = p_{s,C} - p_{ch,C}$
$\Delta p_B = p_{ch,B} - p_{r,B}$
$F_{mode} = p_{s,A} \cdot A_A + p_{s,C} \cdot A_C - p_{r,B} \cdot A_B$
$\Delta p_A = p_{ch,A} - p_{r,A}$
$\Delta p_C = p_{ch,C} - p_{r,C}$
$\Delta p_B = p_{s,B} - p_{ch,B}$
$F_{mode} = p_{r,A} \cdot A_A + p_{r,C} \cdot A_C - p_{s,B} \cdot A_B$
각각의 챔버에 대해
$\Delta p_i < 0$ 또는 $p_{ch,B} > p_{max}$ 또는 $p_{ch,B} < p_{min}$
참
거짓
J_I= LV1;
$J_I = 0$;
도 8b 로

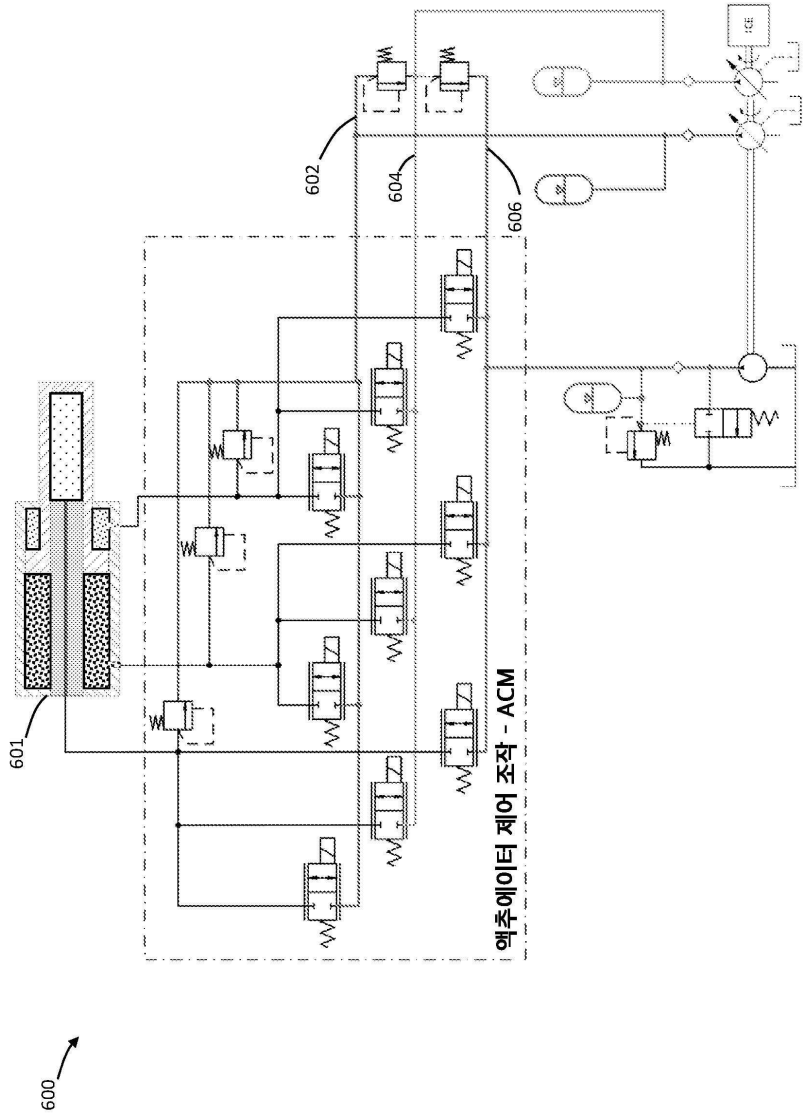
도면8b


도 8a 로부터
도 8a 로부터
도 8a 로부터
3
참
$Mode = Mode_{last}$
거짓
참
$t_{sw} < t_{target}$
거짓
$J_{CE} = 0;$
$J_{CE} = LV2;$
$J_{CE} = 0;$
4
$J_{EL} = abs(\dot{x} \cdot t_s \cdot [F_{ref} - F_{mode}])$
$J_{mode} = J_{EL} + J_{CE} + J_I$
참
$J_{mode} < J_{min}$
거짓
$J_{min} = J_{mode}$
$p_{ref,A} = p_{ch,A}$
$p_{ref,C} = p_{ch,C}$
$p_{ref,B} = p_{ch,B}$
종료

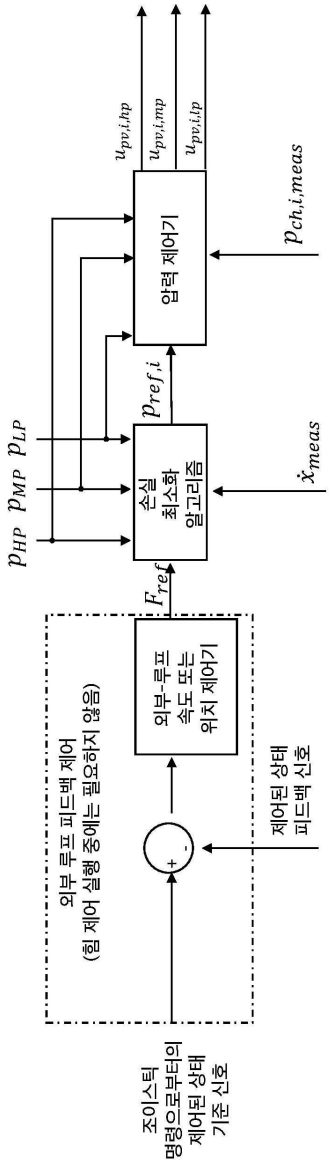
도면9


압력 제어
$p_{ref,i}$
$p_{ch,i,meas}$
$K_{P,i}$
$K_{I,i}$
$K_{D,i}$
$\int$
$\frac{d}{dt}$
p_{HP}
p_{MP}
p_{LP}
$u_{on/off}$
공급 및 리턴
압력 평가 로직
$p_{r,i}$
$p_{s,i}$
Q_{cmd}
비선형 밸브 맵
$u = f(Q_{cmd}, \Delta p)$
Δp
$\Delta p = \begin{cases} p_{meas,i} - p_{s,i}, & Q_{cmd} > 0 \\ p_{meas,i} - p_{sri}, & Q_{cmd} < 0 \end{cases}$
$u_{pv,i}$

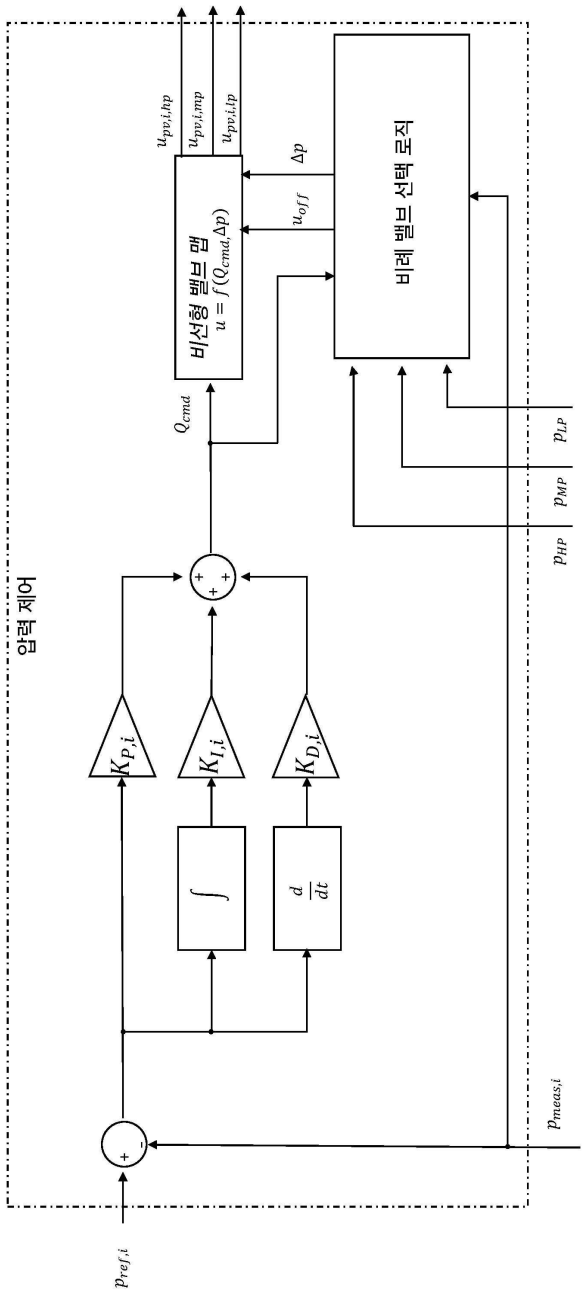
도면10



도면11


조이스틱
명령으로부터의
제어된 상태
기준 신호
외부 루프 피드백 제어
(힘 제어 실행 중에는 필요하지 않음)
외부-루프
속도 또는
위치 제어기
제어된 상태
피드백 신호
+
-
F_{ref}
손실
최소화
알고리즘
$p_{ref\,i}$
압력 제어기
p_{HP} p_{MP} p_{LP}
$\dot{x}_{meas}$
$p_{ch,i,meas}$
$u_{pv,i,hp}$
$u_{pv,i,mp}$
$u_{pv,i,lp}$

도면12


압력 제어
비선형 밸브 맵
$u = f(Q_{cmd}, \Delta p)$
비례 밸브 선택 로직
$u_{pvi,hp}$
$u_{pvi,mp}$
$u_{pvi,lp}$
Δp
u_{off}
Q_{cmd}
p_{LP}
p_{MP}
p_{HP}
$K_{P,i}$
$K_{I,i}$
$K_{D,i}$
$\int$
$\frac{d}{dt}$
$p_{meas,i}$
$p_{ref,i}$