



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0016608
(43) 공개일자 2023년02월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F15B 13/08 (2006.01) *F15B 11/036* (2019.01)
F15B 11/16 (2006.01) *F15B 13/02* (2019.01)
- (52) CPC특허분류
F15B 13/0807 (2013.01)
E02F 9/22 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0092224
- (22) 출원일자 2022년07월26일
 심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
 21187814.5 2021년07월26일
 유럽특허청(EPO)(EP)

- (71) 출원인
덴포스 스코틀랜드 리미티드
 영국 이에이치3 9디큐 스코틀랜드 에든버러 로리
 스텐 스트리트 27
- (72) 발명자
맥퍼슨 질
 영국 에든버러
그린 매튜
 영국 에든버러
아브라함스 다니엘
 영국 에든버러
- (74) 대리인
양영준, 노대웅

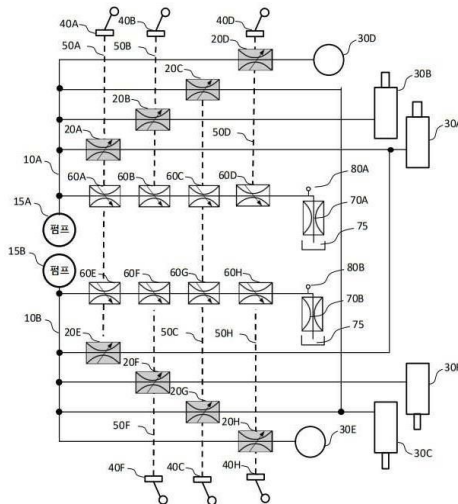
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **유압 액추에이터 제어 장치 및 방법**

(57) 요약

유압 장치는 제1 및 제2 매니폴드들을 포함하며, 이들 각각은 병렬로 연결된 대응하는 액추에이터 밸브들을 통해 복수의 액추에이터들에 연결되고 액추에이터로의 유체 흐름을 조절하기 위해 입력들에 응답하여 작동된다. 복수의 작업 챔버들은 제1 또는 제2 매니폴드에 연결 가능하며 네거티브 피드백 신호에 응답하여 제어되는 네트 흐름을 갖는다. 네거티브 피드백 신호는 제1 및 제2 매니폴드들로부터 연장되는 가상 유체 흐름 경로들의 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 결정된다.

대표도



(52) CPC특허분류

F15B 11/036 (2019.01)

F15B 11/16 (2020.05)

F15B 13/021 (2019.01)

F15B 2211/255 (2013.01)

F15B 2211/40515 (2013.01)

F15B 2211/7114 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

유압 장치(hydraulic apparatus)에 있어서,

제어기;

원동기(prime mover);

상기 원동기와 구동 맞물리는(driven engagement) 회전 가능한 샤프트(shaft)를 갖고 상기 회전 가능한 샤프트의 회전에 따라 주기적으로 변하는 체적(volume)을 갖는 복수의 작업 챔버(working chamber)들을 포함하는 유압 머신(hydraulic machine)-여기서, 하나 이상의 작업 챔버들의 복수 그룹들의 네트 변위(net displacement)는 상기 제어기의 제어 하에 독립적으로 가변적임-;

복수의 유압 액추에이터(hydraulic actuator)들;

상기 복수의 작업 챔버들과 상기 복수의 유압 액추에이터들 사이에서 연장되는 유압 회로(hydraulic circuit)를 포함하고;

상기 유압 회로는 하나 이상의 작업 챔버들의 제1 상기 그룹과 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹 사이에서 연장되는 제1 매니폴드(manifold), 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 그룹으로부터 하나 이상의 액추에이터들의 상기 제1 그룹으로의 유압 유체의 유량을 조절하도록 제어 가능한 제1 복수의 액추에이터 밸브들, 하나 이상의 작업 챔버들의 상이한 제2 상기 그룹과 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹 사이에서 연장되는 제2 매니폴드, 및 하나 이상의 작업 챔버들의 제2 그룹으로부터 하나 이상의 액추에이터들의 상기 제2 그룹으로의 유압 유체의 흐름을 조절하도록 제어 가능한 제2 복수의 액추에이터 밸브들을 포함하고;

및 하나 이상의 작업 챔버들은 상기 제1 그룹의 일부이고 상기 제1 매니폴드에 연결되는 것과 상기 제2 그룹의 일부이고 상기 제2 매니폴드에 연결되는 것 사이에서 하나 이상의 갱잉 밸브(ganging valve)들에 의해 스위칭 가능하고;

작동 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들로부터 상기 제1 및 제2 매니폴드들로 또는 그 외부로의 유압 유체의 유량은 상기 제어기의 상기 제어 하에 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 독립적인 제어에 의해 독립적으로 가변적이며, 및 상기 제1 및 제2 매니폴드들의 상기 압력은 그에 따라 독립적으로 변할 수 있고;

상기 제1 복수의 및 상기 제2 복수의 액추에이터 밸브들은 상기 제1 및 제2 매니폴드들로부터 상기 액추에이터 들로의 유체의 유량을 조절하도록 커맨드(command)들에 응답하여 제어 가능한 위치들을 갖고;

상기 제어기는 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 상기 네트 변위를 독립적으로 제어하여 상기 커맨드들 응답하여 각각 상기 제1 및 제2 매니폴드들로 또는 그로부터의 상기 유량을 독립적으로 변경하여 상기 커맨드들에 대한 상기 액추에이터들의 응답을 조절하고,

상기 제어기는 상기 액추에이터 밸브들의 위치에 따라 가상 유체 흐름을 조절하는 하나 이상의 가상 밸브들을 통해 제1 매니폴드로부터 연장되는 가상 유체 흐름 경로의 제어 포인트에서 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 상기 흐름을 제어하도록 구성되고, 및

상기 제어기는 개별 액추에이터 밸브들의 상기 위치에 따라 가상 유체 흐름을 개별 스로틀 구멍으로 전환하는 하나 이상의 상이한 가상 밸브들을 통해 제1 매니폴드로부터 더 낮은 압력 영역으로 연장되는 복수의 가상 유체 흐름 경로들의 각각의 제어 포인트에서 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 상기 흐름을 제어하도록 구성되는, 유압 장치

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제어기는 상기 제1 매니폴드로부터 연장되고 그 위치가 상기 커맨드들에 응답하는 상기 액추에이터 밸브들의 위치에 따라 달라지는 하나 이상의 가상 밸브들을 포함하는 가상 유압 회로의 가상 속성에 기초하여 계산된 피드백 신호에 응답하여 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 상기 흐름을 제어하고, 이에 의

해 상기 액추에이터 밸브들을 통해 상기 액추에이터들로 또는 그로부터의 유압 유체의 흐름을 제어하도록 구성되는, 유압 장치.

청구항 3

제1항 내지 제2항 중 어느 한 항에 있어서, 두 개 이상의 가상 밸브들은 가상 유체 흐름 경로에서 직렬로 연결된 것처럼 처리되는 반면, 대응하는 액추에이터 밸브들은 상기 제1 매니폴드에 병렬로 연결되는, 유압 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 매니폴드로부터 평행하게 연장되고 그 내부에 상이한 하나 이상의 가상 제어 밸브들을 갖는 복수의 상기 가상 유동 경로들이 존재하고, 상기 복수의 흐름 경로들 각각에서 계산된 압력 또는 유량은 작업 챔버들의 상기 제1 그룹으로부터 상기 제1 매니폴드로의 상기 유량을 결정하기 위해 고려되는, 유압 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 인터페이스는 상기 제1 및/또는 제2 매니폴드의 상기 입력 압력에 응답하여 변하는 출력을 제공하는, 유압 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제어기는 상기 매니폴드가 스로틀 구멍을 통해 저압 영역으로 사용 중인 작업 유체가 흐르는 열린 유출구를 포함하는 것처럼 상기 액추에이터들이 상기 인터페이스를 통해 커맨드들에 응답하게 하도록 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 상기 흐름을 제어하도록 구성되는, 유압 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 작업 챔버들의 상기 복수의 그룹들로부터 또는 그로의 대부분의 유체 흐름을 커맨드에 응답하여 적어도 하나의 액추에이터 밸브를 통해 상기 제1 매니폴드에만 연결된 단일 액추에이터로 또는 그로부터 선택적으로 향하게 하거나 수용하도록 구성된, 유압 장치,

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 매니폴드의 압력 변화가 상기 제1 액추에이터보다 상기 제2 액추에이터에 대한 주어진 유량 변화에 대해 덜 변화하도록 구성되는, 유압 장치.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 복수의 제1 액추에이터 밸브들은 작업 챔버들의 상기 제1 그룹으로부터 액추에이터들로의 유체 흐름을 위해 독립적으로 제어 가능한 병렬 경로들을 제공하도록 병렬로 연결되는, 유압 장치.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 작업 챔버들의 상기 제1 그룹은 제1 액추에이터로의 상기 유체 유량 및/또는 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 흐름을 야기하고, 상기 제1 매니폴드가 유압 유체를 위한 스로틀 구멍을 포함하는 것처럼 상기 제1 그룹이 응답하도록 하도록 상기 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 흐름을 조절하도록 제어되고, 상기 스로틀 구멍은 실제로 존재하지 않는, 유압 장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어기는 기본적으로 상기 작업 챔버들 중 일부를 상기 제1 매니폴드에 연결하고 상기 작업 챔버들 중 일부를 상기 제2 매니폴드에 연결하도록 구성되며, 및 액추에이터들의 상기 제1 그룹의 유체 흐름에 대한 수요가 해당 시점에 작업 챔버들의 상기 그룹에 의해 제공될 수 있는 유체 유량의 최대 레이트를 초과할 때 추가 작업 챔버들을 상기 제1 매니폴드에 연결하도록 구성되는, 유압 장치.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어기는 상기 커맨드들에 응답하고 추가로 액추에이터 움직

임의 제동(damping)을 구현하기 위해 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 상기 변위를 독립적으로 제어하는, 유압 장치.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 유압 장치를 제어하는 방법에 있어서, 상기 방법은 상기 인터페이스를 통한 상기 커맨드들에 응답하여 상기 제1 및 제2 매니폴드들로의 또는 그로부터의 흐름을 독립적으로 변화시키기 위해 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 상기 네트 변위를 제어하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1 매니폴드들의 또는 그로부터의 상기 흐름은 액추에이터들의 사익 제1 그룹 중 하나 이상의 진동을 능동적으로 제동하도록 조절되는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 차량(예를 들어, 굴착기) 또는 산업 머신(예를 들어, 사출 성형 머신, 워터젯 절단 머신)과 같은 유압 머신(hydraulic machine)의 유압 액추에이터(actuator)에 유압 유체의 펌핑된(pumped) 흐름을 제공(및 일부 경우에 그로부터 유압 유체를 수신)하는 분야에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 굴착기, 특히 트랙형(tracked) 굴착기의 유압 액추에이터는 펌프에 의해 공급된 유압 유체를 매니폴드로 전환시켜 매니폴드에서 다양한 밸브들에 연결된 유압 액추에이터로 흐르도록 수동 제어 인터페이스(예를 들어, 조이스틱)를 사용하여 작업자가 움직일 수 있는 개방형 센터 액추에이터 밸브를 통해 확장되는 매니폴드(manifold)가 있는 유압 시스템에 의해 제어되는 것이 일반적이다. 다수의 매니폴드들은 자체 펌프들과 밸브들을 갖는다. 매니폴드는 연관된 압력 센서가 있는 스로틀 구멍(throttled aperture)(제어 오리피스)을 또한 포함한다. 사용중인 제어 오리피스에서 유압 유체는 계속해서 저압 측으로 흘러나와 오리피스의 압력이 모니터링되고 펌프의 변위가 조절되어 네거티브 제어(negative control)의 공정을 통해 측정된 압력을 미리 정해진 값으로 유지한다. 이 제어 프로세스는 본 기술 분야에서 Negacon으로 알려져 있다. 예는 US 20160290370(두산(Doosan))에서 찾을 수 있다.

[0003] 제어 오리피스를 통해 작동유가 지속적으로 손실되는 것은 에너지 낭비이며, 이 요구 사항을 없애기 위해 고도로 제어 가능한 가변 변위 펌프(displacement pump)를 사용하는 것이 가능하다. 그러나 기존의 Negacon 제어 프로세스는 굴착기 운영자에 의해 선호된다. 이는 커맨드에 대한 액추에이터의 특성 응답을 제공하고 액추에이터 기능과 관련하여 작업자들에게 유용한 피드백을 제공하며, 예를 들어 그들은 액추에이터가 장애물에 부딪혀 움직이지 않을 때 느낄 수 있다. 이것은 부분적으로 매니폴드 압력이 있는 액추에이터에 대한 유량 변화 때문이다. Negacon은 또한 액추에이터 움직임에 유용한 제동(damping) 기능을 제공한다.

[0005] 이러한 배출구를 포함하지 않지만 배출구를 통한 누출의 존재를 시뮬레이션하기 위해 펌프 변위가 변하는 유압 제어 배열을 제공하는 것이 알려져 있다. 이것은 작업자에게 익숙하고 선호되는 제어 및 피드백을 제공한다.

[0006] 이러한 가상 제어 배열은 각각이 다양한 액추에이터들이 연결된 별도의 매니폴드를 공급하는 두 개 이상의 펌프들을 갖는 일반적인 유압 배열에 적용될 수 있다. 그러나, 우리는 그러한 배열이 일반적으로 표준 유압 배열에서 두 펌프들에 연결되고 그로부터 유체를 받는 고용량 액추에이터를 최적으로 구동할 수 없다는 것을 발견하였다.

[0007] 본 발명은 액추에이터 제어 커맨드에 대한 바람직한 응답을 제공하면서 그리고 일부 실시예에서는 수동으로 조작 가능한 제어의 전형적인 인간 사용자이지만 머신(예를 들어, 로봇 제어 장치에서)일 수도 있는 사용자에게 적절한 피드백을 제공하기도 하면서 에너지 효율을 유지하는 펌프들에 의해 구동되는 적어도 두 개의 매니폴드들을 사용하여 연결된 액추에이터들을 제어하는 개선된 방법을 제공한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따르면, 유압 장치가 제공되며, 이는
- [0009] 제어기;
- [0010] 원동기;
- [0011] 상기 원동기와 구동 맞물리는 회전 가능한 샤프트를 갖고 상기 회전 가능한 샤프트의 회전에 따라 주기적으로 변하는 체적을 갖는 복수의 작업 챔버들을 포함하는 유압 머신-여기서, 하나 이상의 작업 챔버들의 복수 그룹들의 네트 변위는 상기 제어기의 제어 하에 독립적으로 가변적임-;
- [0012] 복수의 유압 액추에이터들;
- [0013] 상기 복수의 작업 챔버들과 상기 복수의 유압 액추에이터들 사이에서 연장되는 유압 회로를 포함하고;
- [0014] 상기 유압 회로는 하나 이상의 작업 챔버들의 제1 상기 그룹과 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹 사이에서 연장되는 제1 매니폴드, 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 그룹으로부터 하나 이상의 액추에이터들의 상기 제1 그룹으로의 유압 유체의 유량을 조절하도록 제어 가능한 제1 복수의 액추에이터 밸브들, 하나 이상의 작업 챔버들의 상이한 제2 상기 그룹과 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹 사이에서 연장되는 제2 매니폴드, 및 하나 이상의 작업 챔버들의 제2 그룹으로부터 하나 이상의 액추에이터들의 상기 제2 그룹으로의 유압 유체의 흐름을 조절하도록 제어 가능한 제2 복수의 액추에이터 밸브들을 포함하고;
- [0015] 및 하나 이상의 작업 챔버들은 상기 제1 그룹의 일부이고 상기 제1 매니폴드에 연결되는 것과 상기 제2 그룹의 일부이고 상기 제2 매니폴드에 연결되는 것 사이에서 하나 이상의 갱잉 밸브들에 의해 스위칭 가능하고;
- [0016] 작동 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들로부터 상기 제1 및 제2 매니폴드들로 또는 그 외부로의 유압 유체의 유량은 상기 제어기의 상기 제어 하에 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 독립적인 제어에 의해 독립적으로 가변적이며(즉, 각 매니폴드에 대해 독립적으로 제어될 수 있음), 및 상기 제1 및 제2 매니폴드들의 상기 압력은 그에 따라 독립적으로 변할 수 있고;
- [0017] 상기 제1 복수의 및 상기 제2 복수의 액추에이터 밸브들은 상기 제1 및 제2 매니폴드들로부터 상기 액추에이터들로의 유체의 유량을 조절하도록 커맨드들에 응답하여 제어 가능한 위치들을 갖고;
- [0018] 상기 제어기는 하나 이상의 작업 챔버들의 상기 제1 및 제2 그룹들의 상기 네트 변위를 독립적으로 제어하여 상기 커맨드들 응답하여 각각 상기 제1 및 제2 매니폴드들로 또는 그로부터의 상기 유량을 독립적으로 변경하여 상기 커맨드들에 대한 상기 액추에이터들의 응답을 조절한다.
- [0019] 본 발명은 또한 유압 장치를 제어하는 방법으로 확장되며, 방법은 인터페이스를 통한 커맨드에 응답하여 제1 및 제2 매니폴드들로 또는 그로부터의(각각 하나 이상의 작업 챔버들의 제1 및 제2 그룹들로부터 또는 그로의) 흐름을 독립적으로 변경하기 위해 작업 챔버들의 제1 및 제2 그룹들의 네트 변위를 제어하는 단계를 포함한다.
- [0020] 제어되는 제1 및 제2 복수의 액추에이터 밸브들의 위치들은 일반적으로 (유체가 흐르는 도관의) 열린 단면 영역이다. 밸브가 열리면, 각각의 열린 단면 영역들이 증가하고 밸브가 닫힐 때 각각의 열린 단면 영역이 감소한다.
- [0021] 따라서, 커맨드에 대한 액추에이터의 응답은 제1 및 제2 복수의 액추에이터 밸브의 위치, 제1 및 제2 매니폴드들 안팎으로 각각의 유압 유체의 유량 및 제1 및 제2 매니폴드에 대한 각각의 입력 압력들에 의해 결정된다. 유량은 차례로 작업 챔버들의 제1 또는 제2 그룹들의 네트 변위에 의해 결정되며, 이는 체적 용어 또는 예를 들어 회전 가능한 샤프트의 회전당 최대 변위의 비율로 표현될 수 있고, 이는 체적 용어로 유량을 제공하기 위해 회전 가능한 샤프트의 회전당 최대 체적 변위와 회전 가능한 샤프트의 회전 속도를 곱해야 한다. 입력 압력은 액추에이터에 공급되는(또는 액추에이터로부터 수용되는) 더 많거나 적은 유체를 변위시켜 증가 또는 감소될 수 있다.
- [0022] 하나 이상의 작업 챔버들의 제1 및 제2 그룹들의 네트 변위를 제어할 뿐만 아니라, 제어기는 또한 예를 들어 커맨드에 응답하여 제1 및 제2 복수의 액추에이터 밸브들의 위치를 제어할 수 있다. 제1 및 제2 복수의 액추에이터 밸브들은 예를 들어 사용자 조작 가능한 제어와 같은 입력으로부터의 커맨드(예를 들어, 파일럿 압력)에 의

해, 제어기를 통하지 않고, 제어될 수 있다.

- [0023] 일반적으로, 제어기는 하나 이상의 갱잉 밸브를 작동시킴으로써 하나 이상의 작업 챔버들을 (제1 및 제2 매니폴드들 중) 하나의 매니폴드에 연결된 것에서 다른 매니폴드에 연결되는 것으로 스위칭하도록 구성된다. 하나 이상의 갱잉 밸브들의 스위칭은 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹 및 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹에 대한 유체 흐름에 대한 수요에 각각 응답한다. 따라서 제어기는 예를 들어 하나 이상의 작업 챔버들을 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹에 대한 수요의 증가 또는 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹에 대한 수요의 감소에 응답하여, 또는 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹에 대한 수요 대 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹에 대한 수요의 비율 증가에 응답하여 제1 매니폴드에 연결되는 것에서 제 2 매니폴드에 연결되는 것으로 스위칭할 수 있다. 스위칭을 통해 수요를 보다 근접하게 충족시킬 수 있다.
- [0024] 커맨드는 일반적으로 인터페이스를 통해 수신된다. 인터페이스는 전자 인터페이스일 수 있다. 인터페이스는 기계식 또는 유압식 인터페이스일 수 있다. 인터페이스는 사용자 입력 디바이스, 예를 들어 하나 이상의 조이스틱, 레버, 페달 또는 기타 수동 사용자 인터페이스 디바이스로부터의 커맨드를 통신할 수 있다.
- [0025] 따라서, 커맨드에 대한 액추에이터의 응답은 커맨드에 응답하여 결정되는 액추에이터 밸브의 위치들(예를 들어, 열려 있는지 닫혀 있는지 또는 더 일반적으로 열려 있는 정도) 뿐만 아니라, 각각의 매니폴드로의 흐름에 따라 달라지며, 이러 흐름은 인터페이스를 통한 커맨드와 압력과 같은 다른 변수에 의해 결정된다.
- [0026] 압력 의존성은 특히 작업자가 경험하는 덜 에너지 효율적인 유압 회로 구성에서 작업자가 경험하는 특성 거동, 응답 및/또는 느낌을 에뮬레이트할 수 있게 함으로써 커맨드에 대한 작업자의 응답을 더 잘 제어할 수 있게 한다.
- [0027] 제1 또는 제2 매니폴드로 또는 그로부터 외부로 흐르는 유량이 독립적으로 가변적이므로, 제1 매니폴드의 압력과 제2 매니폴드의 압력은 독립적이다. 이러한 방식은 이점을 갖고, 이는 그렇지 않으면 액추에이터들의 두 그룹들이 에너지 효율이 낮은 매우 다른 유량을 요구하는 경우에도 동일한 압력을 사용하여 구동되어야 하는 요구 사항이 있기 때문이다.
- [0028] 일반적으로, 제1 및 제2 매니폴드들로의 또는 그로부터의 유량은 액추에이터들이 수신된 커맨드에 응답하도록, 예를 들어 커맨드를 충족시키려고 하도록 제어된다. 커맨드는 예를 들어 유량 또는 압력 또는 액추에이터 위치에 대한 수요를 나타낼 수 있다. 수요가 완전히 충족될 수 있다. 일부 상황에서는 수요가 부분적으로만 충족될 수 있다. 예를 들어, 가능한 것보다 더 많은 유체 흐름 없이 커맨드를 충족할 수 없는 경우, 개별 액추에이터로의 유체 흐름은 예를 들어 비례적으로 또는 하나 이상의 추가 액추에이터들로의 흐름보다 하나 이상의 액추에이터들로의 흐름을 우선순위화함으로써 축소될 수 있다.
- [0029] 장치는 일반적으로 예를 들어 유체가 작업 챔버들의 개별 그룹들로 또는 그로부터 매니폴드로 들어오거나 나가는 곳인 개별 작업 챔버들과 액추에이터 밸브들 사이의 영역에서 제1 매니폴드의 압력을 측정하기 위한 하나 이상의 제1 압력 센서들 및 제2 매니폴드의 압력을 측정하기 위한 하나 이상의 제2 압력 센서들을 포함할 수 있다.
- [0030] 일반적으로, 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)는 정상 작동 중에 작동 유체가 제1(또는 제2) 매니폴드로부터 저압 영역으로 흐를 수 있는 스로틀 구멍을 포함하지 않는다.
- [0031] 이것은 사용 시 스로틀 구멍을 통해 개별 매니폴드 밖으로 유압 유체의 흐름이 있을 수 있도록(따라서 작동되는 하나 이상의 액추에이터들을 통한 것 제외) 매니폴드들이 스로틀 구멍(일반적으로 미리 결정된 단면의 하나 이상의 오리피스들)을 통해 가압된 작동 유체(예를 들어, 탱크 또는 저압 매니폴드로)에 대한 제어 유출구들에 각각 연결되어 있는 일반적인 굴착기 제어 배열과 대조된다.
- [0032] 그러한 배열에서, 스로틀 구멍 직전의 매니폴드에서 작동 유체의 압력은 일반적으로 측정되고 네거티브 피드백을 사용하여 유압 머신(일반적으로 펌프) 변위를 제어하는 데 사용된다. 이러한 일반적인 굴착기 제어 배열은 커맨드에 대한 액추에이터들의 바람직한 응답 및/또는 액추에이터 움직임들에 대한 수동 제어들의 느낌(수동 제어의 움직임의 느낌 또는 수동 제어에 의해 가해지는 힘의 느낌) 사이의 바람직한 연결을 제공하지만 사용 중인 스로틀 구멍을 통해 매니폴드 밖으로 유압 유체가 누출되기 때문에 에너지를 낭비한다.
- [0033] 하나 이상의 액추에이터들의 제1 및 제2 그룹들은 공통의 액추에이터들을 포함하지 않을 수 있다. 그러나, 일부 실시예에서, 하나 이상의 액추에이터들은 하나 이상의 액추에이터들의 제1 및 제2 그룹들의 일부일 수 있다. 일반적으로, 하나 이상의 액추에이터들의 제1 및 제2 그룹들의 액추에이터들은 각각 단일 매니폴드(제1 또는 제2

매니폴드)에만 연결된다. 장치의 각 액추에이터는 하나 이상의 작업 챔버들의 그룹으로 연장되는 단일 매니폴드에만 연결될 수 있다.

- [0034] 일반적으로 제어기는 제1(또는 제2) 매니폴드로부터 연장되고 위치가 커맨드에 응답하는 액추에이터 밸브들의 위치에 따라 변하는 하나 이상의 (가상) 밸브들을 포함하는 (가상) 유압 회로의 (가상) 속성에 기초하여 계산된 피드백 신호에 응답하여 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)로의 또는 그로부터의 흐름을 제어하도록(그리고 방법은 제어하는 단계를 포함함) 이에 따라 액추에이터 밸브들을 통해 액추에이터들로 또는 그로부터의 유압 유체의 흐름을 제어하도록 구성된다. 가상 속성은 밸브 또는 액추에이터 위치, 유압 회로의 압력 또는 유량, 회전 샤프트의 토크 등과 같은 측정된 파라미터를 고려하여 가상 유압 회로의 속성을 시뮬레이션하여 얻을 수 있다.
- [0035] 변하는 (가상) 밸브들의 (가상) 위치들은 액추에이터 밸브들의 열린 단면 영역에 따라 (예를 들어 선형적으로) 변할 수 있는 (가상) 열린 단면 영역일 수 있다. (가상) 밸브들의 (가상) 열린 단면 영역은 액추에이터 밸브의 열린 단면 영역이 증가될 때 증가되거나 감소될 수 있다.
- [0036] 피드백 신호는 예를 들어 (가상) 유압 회로의 (가상) 유체의 압력 또는 유량, (가상) 액추에이터의 위치 또는 (가상) 회전 샤프트의 토크 등을 기반으로 계산될 수 있다.
- [0037] 전형적으로, 제어기는 액추에이터 밸브들의 위치에 따라 가상 유체 흐름을 조절하는 하나 이상의 가상 밸브들을 통해 제1(또는 제2) 매니폴드로부터 연장되는 가상 유체 흐름 경로의 제어 포인트에서 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)로의 또는 그로부터의 흐름을 제어하도록 구성된다(및 방법은 제어하는 단계를 포함한다).
- [0038] 일반적으로 가상 유체 흐름 경로는 하나 이상의 가상 밸브들과 가상 스톱 구멍을 통해 더 낮은 압력 영역으로 연장된다.
- [0039] 일반적으로 제어기는 각 액추에이터 밸브의 위치에 따라 가상 유체 흐름을 각 스톱 구멍으로 전환시키는 하나 이상의 상이한 가상 밸브를 통해 제1(또는 제2) 매니폴드로부터 저압 영역으로 연장되는 복수의 가상 유체 흐름 경로들의 각각의 제어 포인트에서 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)로의 또는 그로부터의 흐름을 제어하도록 구성된다(및 방법은 제어하는 단계를 포함함).
- [0040] 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)로의 또는 그로부터의 흐름이 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)의 입구 압력이 가상 유체 흐름 경로의 제어 포인트에서 또는 복수의 가상 유체 흐름 경로들 각각의 제어 포인트들에서 계산된 압력 또는 유량에 응답하여 변경되도록 제어될 수 있다.
- [0041] 제1(또는 제2) 매니폴드의 유입구 압력에 의해, 하나 이상의 작업 챔버들의 제1(또는 제2) 그룹으로부터 제2(또는 제2) 매니폴드로(또는 밖으로) 유체가 흐르는 유체의 압력을 나타낸다.
- [0042] 제1 복수의 액추에이터 밸브들은 제1 매니폴드에 병렬로 연결될 수 있다. 하나 이상의 액추에이터들의 제1 그룹은 개별 액추에이터 밸브들을 통해 제1 매니폴드에 병렬로 연결될 수 있다. 제2 복수의 액추에이터 밸브들은 제1 매니폴드에 병렬로 연결될 수 있다. 하나 이상의 액추에이터들의 제2 그룹은 개별 액추에이터 밸브들을 통해 제2 매니폴드에 병렬로 연결될 수 있다.
- [0043] 두 개 이상의 가상 밸브들은 가상 유체 흐름 경로에서 직렬로 연결된 것처럼 처리되는 반면 대응되는 액추에이터 밸브들은 제1(또는 제2) 매니폴드에 병렬로 연결될 수 있다.
- [0044] 대응하는 가상 및 액추에이터 밸브들에 의해 동일한 제어 입력, 일반적으로 작업자 조이스틱 커맨드에 의해 모두 제어되는 가상 및 액추에이터 밸브들을 나타낸다. 액추에이터 밸브의 위치는 실제 유체가 흐를 수 있는 오리피스 영역이라고도 하는 단면 영역을 결정하는 반면, 가상 밸브의 가상 위치는 가상 밸브의 상류 및 하류 압력 조건에 따라 가상 흐름이 발생하는 가상 단면 영역을 결정한다.
- [0045] 내부에 상이한 하나 이상의 (가상) 제어 밸브들을 갖는 제1(및 일반적으로 제2) 매니폴드로부터 병렬로 연장되는 복수의 상이 (가상) 유동 경로가 있을 수 있으며, 상이 복수의 흐름 경로들의 각각의 계산된 압력 또는 유량은 작업 챔버들의 제1 그룹(또는 각각 제2 그룹)에서 제1 매니폴드(또는 제2 매니폴드)로의 유량을 결정할 때 고려된다.
- [0046] 제1 매니폴드(또한 일반적으로 제2 매니폴드)에서 병렬로 연장되는 상이 복수의 흐름 경로들 중 하나에는 직렬로 연결된 복수의 제어 밸브들이 있고, 제1 매니폴드(또한 일반적으로 제2 매니폴드)에서 병렬로 연장되는 상이

복수의 흐름 경로들 중 다른 하나에는 단일 제어 밸브가 있을 수 있다. 적어도 하나의 액추에이터에 대해, 상기 복수의 흐름 경로들 모두는 동일한 액추에이터 제어 신호에 기초하여 그 오리피스 영역이 결정되는 제어 밸브를 포함할 수 있다.

- [0047] 인터페이스는 제1 및/또는 제2 매니폴드의 입력 압력에 응답하여 변하는 출력을 제공할 수 있다.
- [0048] 출력은 레버, 버튼 또는 휠과 같이 수동으로 작동되는 컨트롤의 응답 변화일 수 있다. 압력에 대한 응답의 변화는 (i) 수동으로 작동되는 제어의 움직임, (ii) 수동으로 작동되는 제어의 움직임에 대한 저항, (iii) 수동으로 작동되는 제어에 의해 가해지는 힘, (iv) 움직임에 대한 저항의 변화 또는 움직임과 함께 수동으로 작동되는 컨트롤의 가해진 힘 중 하나 이상일 수 있다. 제1 및/또는 제2 매니폴드의 압력에 대한 이러한 응답은 느낌에 의해 인간 작업자에게 피드백을 제공하기 때문에 알려진 굴착기 제어 장치의 유용한 특징이다. 예를 들어, 액추에이터에 연결된 매니폴드의 압력이 상승하기 때문에 작업자가 액추에이터(예를 들어, 굴착기 버킷)가 장애물과 접촉하고 있음을 감지할 수 있다.
- [0049] 출력은 전자 신호일 수 있다. 하나 이상의 사용자 작동 가능한 수동 제어는 예를 들어 유압 또는 전자 커플링을 통해 하나 이상의 액추에이터 밸브들에 결합될 수 있다. 하나 이상의 액추에이터 밸브들은 (전형적으로 전자적인) 인터페이스를 통해 수신된 커맨드에 응답하여 제어기에 의해 제어될 수 있다.
- [0050] 하나 이상의 액추에이터 밸브들의 제1 및 제2 그룹들은 액추에이터에 대한 평상시 열림 경로 및 평상시 닫힘 경로가 없는 닫힌 중앙 유형일 수 있으며, 이들 각각은 인터페이스를 통한 커맨드에 응답하여 열릴 수 있어 유압 유체가 적어도 하나의 액추에이터로 흐르게 한다.
- [0051] 이것은 일반적으로 직렬로 연결된 열린 중심(기본적으로 열려 있음) 밸브를 기반으로 하는 스로틀 구멍으로부터의 네거티브 압력 피드백을 사용하는 굴착기의 일반적인 밸브 배열과 대조된다.
- [0052] 제어기는 예를 들어 매니폴드가 스로틀 구멍을 통해 저압 영역으로 사용 중인 작동 유체가 흐르는 열린 유출구를 포함하는 것처럼 액추에이터가 인터페이스를 통해 커맨드에 응답하게 하도록 제1 매니폴드(및 일반적으로 제2 매니폴드)로의 또는 그로부터의 흐름을 제어하도록 구성될 수 있습니다(및 방법은 제어하는 단계를 포함함).
- [0053] 전형적으로, 본 발명의 일부가 아닌 상기 스로틀 구멍은 영구적으로 열려 있는 구멍이다. 본 발명에서, 상기 스로틀 구멍이나 스로틀 구멍에 인접한 매니폴드의 압력을 측정하도록 구성된 출구 압력 센서가 존재하지 않는다. 본 발명에서, 제1 및 제2 매니폴드로의 유량은 상기 스로틀 구멍에 인접한 상기 출구 압력 센서로부터의 압력 신호의 네거티브 피드백에 응답하여 제어되지 않는다(이는 압력 센서와 스로틀 구멍이 존재하지 않거나 경로가 밸브를 통해 밀봉되어 있기 때문일 수 있음(스로틀 구멍과 저압 영역 사이에서)).
- [0054] 장치는 커맨드에 응답하여 적어도 하나의 액추에이터 밸브들을 통해 제1 매니폴드에만 연결되고(제2 매니폴드에는 연결되지 않음) 단일 액추에이터로(또는 그로부터) 복수의 작업 챔버들의 그룹으로부터(또는 그들)의 유체 흐름의 대부분(50% 초과)을 선택적으로 (일반적으로 유체 흐름의 적어도 75% 또는 유체 흐름의 적어도 90% 또는 100%) 보내도록(또는 수용하도록) 구성될 수 있다(및 방법은 선택적으로 보내는 단계를 포함할 수 있음). 이는 수신된 커맨드에 따라 선택적으로(일시적으로) 발생한다. 이는 대부분의 유체 흐름이 단일 액추에이터로 향하거나 그로부터 수용되도록 하기 위해 유체가 두 매니폴드들로부터 공급되는 공지된 장치와 대조됩니다. 장치는 필요한 경우 작업 챔버들의 하나 이상의 그룹들이 이를 가능하게 하는 커맨드에 응답하여 제2 매니폴드에 연결되는 것에서 제1 매니폴드에 연결되는 것으로 스위칭되도록 구성될 수 있다. 방법은 커맨드에 응답하여 작업 챔버들의 하나 이상의 그룹을 제2 매니폴드에 연결되는 것에서 제1 매니폴드에 연결되는 것으로 스위칭하여 복수의 작업 챔버의 그룹들로부터의 대부분의 유체 흐름(예를 들어, 유체 흐름의 50% 초과, 또는 적어도 75% 또는 적어도 90% 또는 100%)을 적어도 하나의 액추에이터 밸브들을 통해 제1 매니폴드에만 연결되는(제2 매니폴드에는 연결되지 않음) 단일 액추에이터로 또는 그로부터 선택적으로 보내는 단계를 포함한다. 각 액추에이터는 액추에이터 밸브들을 통해 제1 매니폴드에만 연결되거나 제2 매니폴드에만 연결될 수 있다. 액추에이터들의 제1 그룹(및 일반적으로 제2 그룹)은 복수의 상이한 용량을 갖는 액추에이터들을 포함할 수 있다. 액추에이터 밸브들의 제1 그룹은 상이한 최대 열린 단면 영역을 갖는 액추에이터 밸브들을 포함할 수 있다.
- [0055] 장치는 작업 챔버들의 그룹의 작업 챔버들의 대부분(50% 초과), 75% 초과, 90% 초과 또는 모든 작업 챔버들을 제1 또는 제2 매니폴드 중 하나에 선택적으로 연결하도록 구성될 수 있다. 이것은 커맨드에 선택적으로(일시적으로) 응답하여, 예를 들어 하나 이상의 액추에이터들로의 또는 그들로부터의 유체 흐름에 대한 큰 수요에 응답하여 발생한다.
- [0056] 장치는 제1 매니폴드의 압력 변화가 제1 액추에이터보다 제2 액추에이터에 대한 주어진 유량 변화에 대해 덜 변

화하도록 구성될 수 있다.

- [0057] 제1 액추에이터 밸브들의 복수(일부 또는 전부일 수 있음)는 작동 챔버들의 제1 그룹에서 액추에이터로의 유체 흐름을 위한 독립적으로 제어 가능한 병렬 경로들을 제공하기 위해 병렬로 연결될 수 있다.
- [0058] 제2 액추에이터 밸브들도 병렬로 연결될 수 있다.
- [0059] 작업 챔버들의 제1 그룹은 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 흐름을 조절하도록 제어되어 예를 들어, 제1 액추에이터로(제1 하나 이상의 액추에이터들의)의 유체 흐름의 속도 및/또는 제1 매니폴드로 또는 그로부터의 흐름을 야기하고, 제1 매니폴드가 유압 유체를 위한 스로틀 구멍을 포함하는 것처럼 제1 그룹이 응답하도록 하고, 여기서 스로틀 구멍은 실제로 존재하지 않는다.
- [0060] 따라서, 커맨드에 대한 하나 이상의 액추에이터의 응답 및 잠재적으로 사용자에게 제공되는 피드백은 마치 제1 매니폴드가 상기 스로틀 구멍을 갖는 것처럼 변한다. 이것은 액추에이터의 움직임과 잠재적으로 또한 장치의 피드백이 실제로 그러한 스로틀 구멍을 가질 필요 없이 그러한 스로틀 구멍을 갖는 유압 제어 회로를 에뮬레이트 하여 에너지를 절약할 수 있게 한다.
- [0061] 제어기는 서로 직렬로 연결되고 유압 유체용 스로틀 구멍을 통해 저압 영역으로 연결되는 제1 복수의 열린 중심들 중 일부 또는 전부를 에뮬레이트하고 펌프의 필요한 변위를 결정하기 위해 스로틀 구멍에 있었을 압력을 계산할 수 있다.
- [0062] 제어기는 기본적으로 작업 챔버들 중 일부를 제1 매니폴드에 연결하고 작업 챔버들 중 일부를 제2 매니폴드에 연결하도록 구성되고 액추에이터들의 제1 그룹의 유체 흐름에 대한 수요가 그 시점에 작업 챔버들의 그룹에 의해 제공될 수 있는 유체의 최대 유량을 초과할 때 추가 작업 챔버들을 제1 매니폴드에 연결하도록 구성될 수 있다.
- [0063] 따라서, 제어기는 제1 및 제2 매니폴드들 각각이 작업 챔버들로부터 작업 유체의 네트 흐름의 일부를 동시에 수용하도록 작동 유체가 제1 및 제2 매니폴드로 향하게 하여 제1 및 제2 매니폴드에 연결된 액추에이터들을 작동 시키도록 구성될 수 있다. 제어기는 또한 제1 매니폴드에 연결된 하나 이상의 액추에이터에만 작동 유체를 보내고 제2 매니폴드에 연결된 액추에이터에는 보내지 않도록 구성될 수 있고, 하나 이상의 작업 챔버들의 연결을 제2 매니폴드에서 제1 매니폴드로 스위칭하도록 구성될 수 있다.
- [0064] 따라서 작업 챔버들에서 제1 매니폴드로 작동 유체의 네트 흐름이 있지만(예를 들어, 유압 장치의 작동 유체의 최대 유량의 50% 이상) 작업 챔버들에서 제2 매니폴드로 작동 유체의 네트 흐름이 없는 경우가 있을 수 있다.
- [0065] 전형적으로, 장치는 제1 매니폴드의 압력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 압력 센서 및 제2 매니폴드의 압력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 압력 센서를 포함하는 복수의 압력 센서들을 포함한다. 작업 챔버의 제1 그룹으로부터 제1 매니폴드로의 입력에서 압력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 압력 센서가 있을 수 있고, 작업 챔버들의 제2 그룹으로부터 제2 매니폴드로의 입력에서 압력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 압력 센서가 있을 수 있다. 제어기는 일반적으로 압력 센서로부터 측정된 압력을 처리하고 인터페이스를 통해 수신된 제어 신호를 처리하여 적어도 작업 챔버들의 제1 및 제2 그룹들의 변위를 결정한다.
- [0066] 제어기는 커맨드에 응답하여 작동 챔버들의 제1 및 제2 그룹들의 변위를 독립적으로 제어하고(그리고 방법은 독립적으로 제어하는 단계를 포함함) 추가로 액추에이터 움직임의 제동을 구현한다.
- [0067] 제어기는 인터페이스를 통한 커맨드에 응답하여 제1 및 제2 매니폴드들의 흐름을 독립적으로 변경하기 위해 작업 챔버들의 제1 및 제2 그룹들의 네트 변위를 제어할 수 있다(및 방법은 제어하는 단계를 포함함).
- [0068] 일반적으로, 방법은 일반적으로 하나 이상의 작업 챔버들을 제1 매니폴드에 연결되는 것에서 제2 매니폴드에 연결되는 것으로 스위칭하는 단계를 더 포함한다. 이 경우, 그들은 함께 제어되는 작업 챔버들의 그룹들 간에도 스왑된다.
- [0069] 제1(및 일반적으로 제2) 매니폴드로의 또는 그로부터의 흐름은 액추에이터들의 제1 그룹(및 일반적으로 액추에이터들의 제2 그룹)의 진동을 능동적으로 감쇠시키도록 조절될 수 있다.
- [0070] 굴착기 붐과 같은 선형 액추에이터는 자연 진동이 발생하기 쉬우며, 이는 제어 가능성을 줄여 효율성과 생산성에 영향을 줄 수 있다. 압력에 대한 흐름의 영향 위상이 진동의 위상과 반대가 되도록 흐름 조절을 타이밍함으로써 상기 진동을 측정하고(압력 센서, 위치 센서 등을 사용하여) 이를 억제하기 위해 머신 흐름을 조정하는 닫힌 루프 시스템이 생성될 수 있다.

[0071] 일반적으로 인터페이스를 통해 수신된 커맨드는 액추에이터 밸브를 작동하는 데 사용되는 유체의 압력(예를 들어, 파일럿 압력)이거나, 예를 들어 전자 신호일 수 있다. 일반적으로 액추에이터 밸브들은 평상시 닫혀 있는 밸브들이다.

[0072] 유압 회로는 하나 이상의 추가 매니폴드들을 포함할 수 있으며, 각각은 하나 이상의 작업 챔버들의 각각의 추가 그룹과 하나 이상의 액추에이터들의 추가 그룹 사이에서 연결되고, 하나 이상의 추가 매니폴드들 각각은 하나 이상의 작동 챔버들의 각각의 추가 그룹으로부터 하나 이상의 작동기의 각각의 추가 그룹으로의 유압 유체의 흐름을 조절하도록 제어 가능한 각각의 추가의 복수의 액추에이터 밸브들을 갖는다. 하나 이상의 또는 모든 작업 챔버들이 제1 매니폴드에 연결되는 것과 제2 매니폴드에 연결되는 것과 추가 매니폴드 중 하나에 연결되는 것 사이에서 스위칭될 수 있다.

[0073] 그러나, 상기 복수의 작업 챔버들은 제1 또는 제2 매니폴드에만 연결될 수 있고 임의의 추가의 매니폴드에는 연결되지 않을 수 있다.

[0074] 유압 회로는 하나 이상의 고정 연결된 작업 챔버들을 포함할 수 있으며, 이는 또한 회전 가능한 샤프트의 회전에 따라 주기적으로 변하는 체적을 갖고, 일반적으로 제어기의 제어 하에 독립적으로 가변적인 네트 변위를 가지며, 이는 하나 이상의 추가 매니폴드를 통해 하나 이상의 추가 액추에이터에 고정 연결되고, 일반적으로 고정 연결된 작업 챔버들은 하나의 매니폴드에 연결되는 것과 다른 매니폴드에 연결되는 것 사이에서 스위칭될 수 없다.

도면의 간단한 설명

[0075] 본 발명의 하나 이상의 예는 이제 다음 도면을 참조하여 설명될 것이다:

도 1은 공지된 굴착기 액추에이터 제어 장치의 개략도이고;

도 2는 도 1의 공지된 장치로부터의 네거티브 피드백 제어 테이블의 개략도이고;

도 3은 본 발명에 따른 굴착기 액추에이터 제어 장치의 개략도이고;

도 4는 본 발명과 함께 사용하기 위한 펌프 모듈의 개략도이고;

도 5는 제어기의 개략도이고;

도 6은 본 발명에 따른 장치에서 사용하기 위한 네거티브 피드백 제어 테이블의 개략도이고;

도 7은 본 발명에 따른, 상이한 기능 압력들에서 유량(y 축) 대 커맨드 신호(x 축)의 그래프이고; 및

도 8은 도 7에 대응하지만 본 발명에 따라 계산된 피드백이 없는 장치에 대한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0076] 도 1을 참조하면, 유압 굴착기의 액추에이터들을 위한 전형적인 유압 제어 시스템은 가변 변위 펌프들(15A, 15B)로부터 유압 유체를 각각 수용하도록 배열된 제1 및 제2 매니폴드들(10A, 10B)을 사용한다. 각각의 매니폴드는 복수의 닫힌 중앙 액추에이터 제어 밸브들(20A, 20B, 20C, 20D, 20E, 20F, 20G, 20H)를 통해 액추에이터들((30A)(붐), (30B)(버킷), (30C)(디퍼 기능), (30D)(오른쪽 이동), (30E)(왼쪽 이동), (30F)(스윙 기능))까지 연장된다. 이 예에서 대부분의 액추에이터들은 개별적으로 제어 가능한 단일 액추에이터 밸브를 통해 단일 매니폴드로부터 유체를 수용하지만, 두 개의 고용량 액추에이터들(붐(30A) 및 디퍼(30C))은 각각 액추에이터 밸브를 갖는 개별 흐름 경로들을 통해 두 매니폴드들로부터 유체를 수용한다.

[0077] 커맨드 인터페이스는 수동으로 작동되는 제어 레버들(40A, 40B, 40C, 40D, 40F, 40H)을 포함하며, 이들은 작업자에 의해 액추에이터들(30A, 30B, 30C, 30D, 30E, 30F)을 제어하는 데 사용된다. 제어 레버들을 움직여 파일럿 유압 제어 라인들(50A, 50B, 50C, 50D, 50F, 50H)을 통해 개별 액추에이터 밸브들을 열거나 닫을 수 있다. 밸브가 닫힌 위치로부터 열리면, 그들의 열린 단면 영역이 0에서 증가하여 유체가 개별 매니폴드에서 액추에이터로 흐를 수 있다. 유체 흐름의 속도는 레벨 위치를 변경하여 지속적으로 제어될 수 있다. 일부 구현예에서 닫힌 중앙 밸브들은 두 개의 반대 방향들 중 하나로 열려서, 예를 들어 액추에이터를 반대 방향으로 작동시킬 수 있다.

[0078] 제어 라인들은 또한 열린 중앙 제어 밸브들(60A, 60B, 60C, 60D, 60E, 60F, 60G, 60H)로 연장된다. 열린 중앙 제어 밸브들(60A, 60B, 60C, 60D)은 직렬로 연결되어 정의된 단면 영역의 오리피스(70A) 형태의 스톱플(throttle)을 통해 제1 매니폴드(10A)로부터 탱크(저압)(75)로 연장된다. 열린 중앙 제어 밸브들(60E, 60F,

60G, 60H)은 직렬로 연결되어 정의된 단면 영역의 오리피스(70B) 형태의 추가 스로틀을 통해 제2 매니폴드(10B)로부터 탱크(저압)(75)로 연장된다. 압력 센서들(80A, 80B)은 오리피스들의 제어 밸브 측의 제어 압력을 측정한다.

- [0079] 열린 중앙 제어 밸브들은 대응하는 액추에이터 밸브들이 닫힐 때(최소 열린 단면 영역의 포인트) 열리고(최대 열린 단면 영역의 포인트에서) 액추에이터 밸브들이 열리면 닫힌다. 일부 액추에이터들의 경우, 제어 레버들은 단일 액추에이터 밸브와 대응하는 단일 제어 밸브를 작동시킨다. 각 매니폴드에 연결된 액추에이터 밸브를 작동시키는 제어 레버들(40A, 40C)의 경우, 제어 라인들(50A, 50C)은 각 매니폴드에 연결된 액추에이터 밸브들 및 제어 밸브들로 연장되고 이 둘을 일제히(in concert) 조절한다.
- [0080] 액추에이터 밸브가 열리면, 유체는 액추에이터 밸브가 얼마나 열려 있고(그의 열린 단면 영역) 각각의 매니폴드에 대한 유입구(inlet)의 입력 압력에 의해 결정되는 유량으로 각 액추에이터로 흐른다. 정상 상태에서, 펌프로부터의 유량은 액추에이터에 의해 소비되는 것과 동일한 속도로 유체를 공급한다.
- [0081] 개별 매니폴드에 연결된 액추에이터가 작동되지 않을 때, 바이패스 유체 흐름은 각 오리피스를 제외하고 최소 흐름 저항으로 각 매니폴드에서 탱크로 흐를 수 있다. 따라서, 각 오리피스에서 측정된 제어 압력은 동일한 매니폴드의 입구 압력과 거의 동일하다. 액추에이터 밸브가 열리면, 대응하는 제어 밸브가 닫히고, 제어 밸브들을 통한 흐름 저항이 증가하고 제어 압력은 입력 압력에 비해 감소한다.
- [0082] 작동 중, 제어 압력은 연속적으로 측정되며 각 펌프의 변위는 측정된 제어 압력(P, x축)(제1 매니폴드(10A)에 대한 센서(80A)에 의해 측정된 제어 압력 및 제2 매니폴드(10B)에 대한 센서(80B)에 의해 측정된 제어 압력)에 따라 결정된 유량(F, y축)을 제공하도록 변경된다. 도 2는 측정된 압력 P와 유량 F 사이의 관계를 보여준다. 이 네거티브 피드백 배열(negative feedback arrangement)은 본 기술 분야에서 Negacon으로 알려져 있으며 커맨드에 대한 액추에이터의 독특한(distinctive) 응답을 생성한다.
- [0083] 제1 및 제2 매니폴드들에 대한 입력 압력들은 직접 제어되지 않고 측정되지 않지만, 그들은 오리피스(80A, 80B) 전에 측정된 제어 압력들에 응답하는 펌프 유량의 네거티브 피드백 제어의 결과로 간접적으로 제어된다는 것에 유의한다. 액추에이터의 유체 압력이 높거나 저항에 직면하여 액추에이터가 움직일 수 없는 경우, 네거티브 피드백 제어로 인해 입력 압력이 상대적으로 더 높은 값에서 안정화될 때까지 흐름이 증가하기 때문에 각 매니폴드에 대한 입력 압력이 증가한다. 이것은 알려진 Negacon 디바이스의 느낌(feel)의 중요한 부분이며 우리는 이 느낌을 복제하는 것이 유리하다는 것을 알았다.
- [0084] 도 3은 본 발명에 따른 장치(100)의 개략도이다. 점선 박스(300) 내의 구성요소들은 실제 구성요소들이 아니라 가상 구성요소들이며, 그 기능은 아래에서 설명되는 바와 같이 제어기(102)에 의해 에뮬레이트된다. 도 1의 배열과 같이, 제1 매니폴드(110A) 및 제2 매니폴드(110B)가 존재하고, 이들 각각은 제1 매니폴드의 경우 복수의 유압 액추에이터들(130A, 130B, 130C), 제2 매니폴드의 경우 복수의 유압 액추에이터들(130D, 130E, 130F)로 연장된다. 각각의 매니폴드로부터 개별 액추에이터로의 흐름은 제1 매니폴드의 경우 액추에이터 밸브들(120A, 120B, 120C, 120A') 및 제2 매니폴드의 경우 액추에이터 밸브들(120D, 120E, 120F, 120E')에 의해 제어된다. 액추에이터 밸브들은 유압 제어 라인들(150A, 150B, 150C, 150D, 150E, 150F)의 파일럿 압력(pilot pressure)들을 통해 각 액추에이터와 연관된 제어 레버들(140A, 140B, 140C, 140D, 140E, 140F)에 의해 제어된다.
- [0085] 복수의 펌프 모듈들(160A-H)은 공통 회전 샤프트(170)를 통해 원동기(prime mover)(165)에 의해 구동되고 밸브 네트워크(180)에 의해 제1 매니폴드(110A) 또는 제2 매니폴드(110B)에 스위칭 가능하게 연결될 수 있는 출력 매니폴드들(175A-H)을 갖는다. 밸브 네트워크는 제어 라인(195)을 통해 제어기(102)에 의해 제어된다. 제어기는 또한 각각의 개별 펌프 모듈의 변위를 제어한다. 따라서 각 매니폴드에 대한 유량은 개별 펌프 모듈들의 변위를 제어하고 함께 그룹화되고 각 매니폴드에 연결되는 펌프 모듈들을 제어함으로써 제어기에 의해 조절될 수 있다. 압력 센서들(185A, 185B)은 제1 및 제2 매니폴드(110A, 110B)에서 입력 압력을 측정하고 그 측정치를 제어기에 송신한다.
- [0086] 이 예에서, 각 액추에이터는 펌프 모듈들의 전체 최대 변위를 소모할 수 있는 일부 액추에이터들을 포함하는 단일 매니폴드에만 연결된다(따라서 도 1의 알려진 시스템의 두 매니폴드에 연결해야 함). 이러한 고용량 액추에이터의 경우, 병렬로 연결된 두 개의 액추에이터 밸브들은 동일한 제어 레버로 제어되는 동일한 매니폴드의 단일 액추에이터에 유체를 제공하며, 예를 들어 액추에이터 밸브들(120A, 120A')은 제어 레버(140A)에 의해 조절되는 제1 매니폴드로부터 병렬로 액추에이터(130A)에 흐름을 제공하고 액추에이터 밸브들(120E, 120E')은 제어 레버(140E)에 의해 조절되는 제2 매니폴드로부터 병렬로 액추에이터(130E)에 흐름을 제공한다. 그럼에도 불구하고

고, 두 개의 액추에이터 밸브들을 병렬로 사용하는 대신, 유체 흐름에 대해 더 큰 단면 영역을 가진 단일 밸브가 사용될 수 있다.

[0087] 제어기 및 펌프 모듈들의 기능은 이제 도 4 및 5를 참조하여 설명된다. 도 4는 본 발명에 유용한 개별 펌프 모듈(160)의 개략도이다. 펌프 모듈은 펌프 모듈을 구현하는 전자 정류식 유압 머신(ECM)(200)의 일부이다. ECM은 실린더들의 내부 표면들에 의해 정의된 작업 체적들(204)을 갖는 실린더들(202) 및 편심 캠(eccentric cam)(208)에 의해 회전 가능한 샤프트(170)로부터 구동되고 실린더들 내에서 왕복 운동하여 실린더의 작동 체적들을 주기적으로 변화시키는 피스톤들(206)을 갖는 복수의 작업 챔버들을 포함한다. 회전 가능한 샤프트는 구동 샤프트에 견고하게 연결되어 회전한다. 샤프트 위치 및/또는 속도 센서(210)는 샤프트의 순간 각도 위치 및/또는 회전 속도를 결정하고 이를 신호 라인(212)을 통해 제어기(102)에 송신하고, 이를 통해 머신 제어기가 각 실린더 사이클의 순시 위상(instantaneous phase)을 결정할 수 있다.

[0088] 작업 챔버들은 각각 전자 작동식 면 밀봉(face-sealing) 포켓 밸브들(214)의 형태로 저압 밸브(LPV)들과 연관되어 있으며, 이는 연관된 작업 챔버를 갖고 작업 챔버에서 저압 유압 유체 매니폴드(216)까지 연장되는 채널을 선택적으로 밀봉하도록 작동 가능하고, 이것은 하나 또는 여러 개의 작업 챔버들, 또는 여기에 도시된 펌프 모듈의 모든 작업 챔버들을 장치의 저압 유압 유체 매니폴드 및 탱크(75)에 연결할 수 있다. LPV들은 작업 챔버 내의 압력이 저압 유압 유체 매니폴드 내의 압력보다 작거나 같을 때 즉, 흡입 행정(intake stroke) 동안, 작업 챔버를 저압 유압 유체 매니폴드와 유체 연통하도록 하기 위해 수동적으로 열리는 정상 개방 솔레노이드 작동식 밸브이지만, 그러나 LPV 제어 라인(218)을 통한 제어기의 능동 제어 하에서 선택적으로 닫힐 수 있어 작업 챔버가 저압 유압 유체 매니폴드와 유체 연통되지 않게 된다. 밸브들은 대안적으로 일반적으로 닫힌 밸브들일 수 있다.

[0089] 작업 챔버들은 각각 압력 작동식 전달 밸브의 형태로 각각의 고압 밸브(HPV)(220)와 각각 추가로 연관된다. HPV들은 그들의 개별 작업 챔버들로부터 바깥쪽으로 열리고 작업 챔버로부터 고압 유압 유체 매니폴드(222)까지 연장되는 개별 채널을 밀봉하도록 각각 작동 가능하고, 이는 펌프 모듈의 고압 유압 유체 매니폴드(175)에 도 2에 도시된 바와 같이 하나 또는 여러 개의 작업 챔버들, 또는 실제로 모두를 연결할 수 있다. HPV들은 밸브를 가로지르는 압력 차이로 인해 수동적으로 열리고 HPV 내의 바이어싱 부재(biasing member)의 힘을 고려하여 수동적으로 열리는 일반-닫힘 압력-열림(normally-closed pressure-opening) 체크 밸브들로 기능한다. HPV들은 또한 HPV가 연관된 작업 챔버 내의 압력에 의해 열리면 제어기가 HPV 제어 라인(224)을 통해 선택적으로 열린 상태를 유지할 수 있는 일반-닫힘 솔레노이드 작동식 체크 밸브들로서 기능한다. 일반적으로 HPV는 고압 유압 유체 매니폴드의 압력에 대해 제어기에 의해 열릴 수 없다. HPV는 고압 유압 유체 매니폴드에 압력이 있지만 작동 챔버에는 그렇지 않은 경우 제어기의 제어에 따라 추가로 열릴 수 있거나 부분적으로 열릴 수 있다.

[0090] 펌핑 모드에서, 제어기는 일반적으로 연관된 작업 챔버의 사이클의 최대 체적의 포인트 근처에서 LPV들이 하나 이상을 능동적으로 닫고, 저압 유압 유체 매니폴드에 대한 경로를 닫고 이에 따라 후속 수축 행정(contraction stroke)에서 연관된 HPV를 통해 유압 유체를 배출함으로써(그러나 HPV를 능동적으로 열지 않음) 유압 펌프에 의해 작동 챔버로부터 고압 유압 유체 매니폴드로의 유압 유체의 변위의 넷 레이트(net rate)를 선택한다. 제어기는 LPV 닫힘 및 HPV 열림의 수와 시퀀스를 선택하여 흐름을 생성하거나 샤프트 토크 또는 동력을 생성하여 변위의 선택된 넷 레이트를 충족시킨다. 제어기에 의한 위의 '선택'은 주기적으로 또는 지속적으로 리프레시된다. 펌프 모듈들이 제1 매니폴드에 연결된 상태에서 제2 매니폴드로 또는 그 반대로 이동할 때 선택이 리프레시되거나 업데이트된다.

[0091] 일부 실시예는 펌프 모듈을 포함할 수 있으며, 이는 또한 모터링(motoring)이 가능하여, 예를 들어 액추에이터를 낮추거나 제동 토크를 적용하기 위해 휠 모터를 펌프로 작동할 때 유압 액추에이터에서 다시 받은 유압 유체로부터 에너지를 재생성고 이를 기계적 에너지로 변환할 수 있다. 이러한 경우 펌프 모듈들의 작업 챔버들도 모터링을 위해 적용되며, 이 경우 제어기는 HPV와 LPV를 능동적으로 제어하고 제어기가 고압 유압 유체 매니폴드를 통해 유압 머신에 의해 변위된 유압 유체의 변위의 넷 레이트를 선택하는 모터링 작동 모드를 수행할 수 있으며, 연관된 작업 챔버의 사이클의 최소 체적 포인트 직전에 LPV들의 하나 이상을 능동적으로 닫고, 작동 챔버의 유압 유체가 나머지 수축 행정에 의해 압축되도록 하는 저압 유압 유체 매니폴드로 가는 경로를 닫는다. 연관된 HPV는 그에 대한 압력이 균등해지고 소량의 유압 유체가 연결된 HPV를 통해 배출될 때 열리고 이는 유압 머신 제어기에 의해 열린 상태로 유지된다. 그런 다음 제어기는 일반적으로 연관된 작업 챔버 사이클의 최대 체적에 가까워질 때까지 연관된 HPV를 능동적으로 열어 고압 유압 유체 매니폴드에서 작업 챔버로 유압 유체를 유입하고 회전 가능한 샤프트에 토크를 적용한다.

- [0092] 사이클별로 LPV를 닫을지 또는 열려 있는 상태로 유지할지 여부를 결정할 뿐만 아니라, 제어기는 변하는 작업 챔버 체적과 관련하여 HPV 단협의 정확한 위상을 변경하여 고압에서 저압 유압 유체 매니폴드로의 혹은 그 반대로의 유압 유체의 변위의 네트 레이트를 선택하도록 작동 가능하다.
- [0093] 매니폴드들(216, 175) 상의 화살표들은 펌핑 모드에서 유압 유체 흐름을 나타내고; 모터링 모드에서는 흐름이 역전된다.
- [0094] 실제로 도 4에 도시된 것과 같은 다수의 펌프 모듈들이 존재하며, 이들은 공통 샤프트와 단일 제어기에 의해 연결되며, 일반적으로 펌프 모듈들 각각의 각 작업 챔버와 연관된 밸브들에 제어 신호를 송신할 수 있는 단일 샤프트 위치 센서를 사용한다. 펌프 모듈 내의 작업 챔버들은 샤프트 주위에 균일하게 이격될 필요가 없으며 일반적으로 샤프트를 따라 부하를 분산시키기 위해 서로 인터리빙된다.
- [0095] 따라서 각 펌프 모듈을 구성하는 작업 챔버들이 고정되어 있지만, 제1 및 제2 매니폴드들에 흐름을 제공하는 펌프 모듈들은 필요에 따라 변경될 수 있다.
- [0096] 일부 실시예에서, 도시된 작업 챔버, 매니폴드 및 액추에이터 외에, 고정된 연결을 통해 하나 이상의 추가 액추에이터들에 유체를 공급(또는 그로부터 유체를 수용)하는 공통 샤프트에 결합된 하나 이상의 추가 펌프 모듈들(하나 이상의 작업 챔버들 포함)이 존재한다. 이러한 종류의 고정된 서비스는 특정 유형의 액추에이터, 예를 들어 스티어링 액추에이터(steering actuator)에 유용하다.
- [0097] 도 5는 제어기(102)의 개략도이다. 제어기는 메모리(252)와 전자 통신하는 프로세서 회로(250)를 포함하며, 메모리는 어떤 작업 챔버가 어떤 펌프 모듈과 고정적으로 연관되어 있는지에 대한 펌프 모듈의 데이터베이스(254), 어느 펌프 모듈이 현재 어느 매니폴드에 연결되어 있는지에 대한 데이터베이스(256), 및 시뮬레이션된 유압 유체 회로(200)의 파라미터에 관한 데이터(258)를 저장한다. 제어기는 제1 및 제2 유압 회로 매니폴드들 각각에 대한 압력 및 임의의 다른 관련 측정 신호(260) 및 또한 신호 라인(262)을 통해 샤프트 위치 및/또는 속도 신호를 수신한다. 피드백 신호(260)는 단순한 압력 신호일 수 있지만, 액추에이터 위치 신호, 흐름 측정치, 온도 측정치, 커맨드, 예를 들어 작업자 커맨드, 변위 요구 신호 등을 수신할 수도 있다. 제어기로부터의 출력은 작동 챔버 밸브 제어 라인들(218, 224)(LPV 및 필요한 경우 HPV를 제어하기 위한) 및 스위칭 블록 내의 밸브를 제어하는 밸브 스위칭 제어 라인(264)을 포함한다.
- [0098] 일부 실시예에서, 액추에이터 밸브 커맨드가 제어기와 독립적으로 통신되는 것보다, 제어기는 커맨드를 예를 들어 전자 인터페이스 또는 사용자 입력 주변 장치로부터 수신하고 액추에이터 밸브를 제어한다.
- [0099] 작동 중, 제어기는 기본 구성에서 시작하여 어떤 펌프 모듈이 어떤 매니폴드에 연결되어 있는지에 대한 데이터베이스를 유지 관리한다. 제어기는 또한 개별 매니폴드에 결합된 펌프 모듈들에 의해 유압 유체의 요구된 체적과 각 매니폴드에 전달된 유압 유체의 체적 간의 차이의 어큐물레이터들(이는 제어기에 저장된 내부 변수 임)(266A, 266B)를 유지한다. 회전 가능한 샤프트가 회전함에 따라, 다양한 작업 챔버들에 대해 상이한 시간들(샤프트 위치들)에서 결정 포인트들에 도달한다. 주어진 작업 챔버에 대한 결정 포인트에서, 제어기는 작업 챔버가 연결된 유압 회로 모듈을 결정하고(이는 어느 작업 챔버가 어떤 펌프 모듈과 고정적으로 연관되어 있는지 펌프 모듈들의 데이터베이스(254)와 어느 펌프모듈이 현재 어느 매니폴드에 연결되어 있는지 데이터베이스(256)를 쿼리해야 함) 그런 다음 제어기는 해당 매니폴드에 대한 수신된 수요에 따라 작업 챔버가 연결된 매니폴드의 어큐물레이터를 업데이트한다. 그런 다음 제어기는 어큐물레이터 값을 임계치와 비교하고 어큐물레이터 수요가 임계치를 초과하면, 이는 스케줄링 후 밸브 제어 신호를 송신하여 작업 챔버가 활성 사이클을 수행하도록 하고, 활성 사이클에서 작동 챔버는 작동 유체의 네트 변위를 만들고 어큐물레이터에 의해 저장된 값으로부터 작동 유체의 네트 변위를 뺀다. 그렇지 않으면, 이는 작업 챔버가 비활성 주기를 수행하게 하고, 여기서, 작동 챔버는 작동 유체의 네트 변위를 생성하지 않고(예를 들어, 제어기는 작업 챔버 체적의 사이클 전체에 걸쳐 LPV를 열린 상태로 유지하기 위해 작업 챔버의 LPV에 신호를 송신할 수 있다) 어큐물레이터가 수정되지 않는다. 이러한 방식으로 제어기는 작업 챔버가 연결된 매니폴드의 요구에 따라 활성 사이클을 수행할지 여부에 대해 각 작업 챔버에 대한 결정을 내린다. 어큐물레이터 및 수요 신호는 임의의 편리한 단위를 사용할 수 있다. 알려진 일 예에서, 수요는 F_d 라고 하는 회전 샤프트의 회전당 가능한 최대 변위의 비율인 "변위 비율(displacement fraction)"로 표현된다. 체적 측면에서, 타겟 유량은 F_d 와 회전 가능한 샤프트의 회전 속도의 곱이다.
- [0100] 때때로 제어기는 유압 유체에 대한 변화하는 수요를 충족하기 위해 펌프 모듈을 한 유압 회로 모듈에서 다른 유압 회로 모듈로 재할당해야 한다는 요구 사항이 있음을 결정할 것이다. 이 경우, 제어기는 밸브 네트워크(180) 내의 해당 밸브에 제어 신호를 송신하여 펌프 모듈의 고압 매니폴드를 하나의 매니폴드에서 다른 매니폴드로 스

위칭하고, 현재 어떤 펌프 모듈이 어떤 유압 회로 모듈에 연결되어 있는지에 대한 데이터베이스(256)를 업데이트한다. 따라서, 미래에 하나의 매니폴드에 대한 할당에서 다른 매니폴드에 대한 할당으로 스위칭된 펌프 모듈의 각 작업 챔버에 대한 결정 포인트에 도달하면, 제어기는 새로운 매니폴드의 변위 어큐뮬레이터 값을 관독하고 따라서 새로운 매니폴드에 의한 유압 유체에 대한 수요를 관독한다.

[0101] 다시 도 3을 참조하면, 작동 동안 액추에이터 밸브들은 다양한 액추에이터들에 대한 제1 및 제2 매니폴드들의 연결을 조절하기 위해 이전과 같이 사용자 커맨드에 응답하여 열리고 닫힌다. 그러나, 각 펌프 모듈의 변위는 각 펌프 모듈이 연결된 매니폴드에 대한 피드백 신호를 이용하여 결정되고, 가상 유압 회로(300)의 계산된 응답에서 가상 유체 압력에 기초하여 계산된다.

[0102] 가상 유압 회로는 스톱 오리피스(330A)를 통해 저압 싱크(325)까지 직렬로 가상 제어 밸브들(320A, 320B, 320C)을 통해 제1 매니폴드(100A)로부터 연장되는 제1 가상 회로 분기(310A)를 포함한다. 제2 가상 회로 분기(310B)는, 제1 가상 회로 분기(310A)와 병렬로, 스톱 오리피스(330B)를 통해 저압 싱크(325)까지 가상 제어 밸브(320G)를 통해 제1 매니폴드(110A)로부터 연장된다. 상응하여, 제3 가상 회로 분기(310C)는 스톱 오리피스(330C)를 통해 저압 싱크(325)까지 가상 제어 밸브(320H)를 통해 제2 매니폴드(110B)로부터 연장되고, 병렬로, 제4 가상 회로 분기(310D)는 스톱 오리피스(330D)를 통해 저압 싱크(325)까지 가상 제어 밸브들(320E, 320G, 320H)을 통해 제2 매니폴드(110B)로부터 연장된다. 각각 듀얼 액추에이터 밸브들(120A, 120A' 및 120E, 120E')(또는 단일 대용량 액추에이터 밸브)를 갖는 고용량 액추에이터들(130A, 130E)은 이들이 연결된 매니폴드로부터 연장되는 두 개의 병렬 가상 회로 분기들의 각각에서 대응하는 가상 제어 밸브들(각각 320A, 320G 및 320E, 320H)을 갖는다.

[0103] 가상 유압 회로(300)의 파라미터들은 메모리(252)에 저장(258)되고 유압 가상 회로의 기능을 시뮬레이션하도록 업데이트된다. 시뮬레이션은 압력 센서들(185A 및 185B)에 의해 측정된 제1 및 제2 유압 매니폴드들의 입력 압력들의 실시간 측정치(live measurement)들을 사용한다. 가상 제어 밸브들은 대응하는 액추에이터 밸브의 열린 단면 영역이 증가함에 따라 감소되는 열린 단면 영역을 갖는 것으로 처리된다(320A 및 320G는 120A 및 120A'가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 처리되고; 320B는 120B가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 처리되고; 320C는 120C가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 처리되고; 320D는 120D가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 처리되고; 320E 및 H는 120E 및 120E'가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 처리되고; 320F는 120F가 더 닫힐 때 더 열린 것으로 취급된다). 실제로 각 가상 제어 밸브의 열린 단면 영역은 각 제어 레버의 제어 신호들의 측정치들의 파라미터로 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 사용자 제어 또는 전자 인터페이스로부터의 신호는 액추에이터 밸브를 제어하고 가상 제어 밸브들의 가상 위치를 결정하는 데 모두 사용될 것이다.

[0104] 제1 및 제2 유압 매니폴드들의 입력 압력과 각 가상 제어 밸브 및 가상 스톱 오리피스들(330A, 330B, 330C, 330D)의 시뮬레이션된 열린 단면 영역이 주어지면, 각 가상 밸브에 걸친 압력 강하 및 이에 따른 유압 가상 회로 내의 유체 압력 및 유량이 계산된다. 특히 관련이 있는 것은 위치들(340A, 340B, 340C, 340D)에서 각 가상 회로 분기의 스톱 오리피스들 이전의 유압 가상 회로에 존재할 수 있는 계산된 압력이다.

[0105] 이러한 계산을 수행하기 위해, 각 액추에이터에 대한 제어 신호들(150A, 150B, 150C, 150D, 150E, 150F)이 모니터링된다. 각각의 가상 제어 밸브(320A, 320B, 320C, 320D, 320E, 320F, 320G, 320H)에 대해 가상 열린 단면 영역은 대응하는 제어 신호에 기초하여 룩업 테이블로부터 계산되거나 결정된다. 가상 열린 단면 영역은 각각의 제어 신호에 의해 지시된 바와 같이 대응하는 액추에이터 밸브의 열린 단면 영역이 증가함에 따라 감소한다.

[0106] 직렬로 연결된 여러 가상 제어 밸브들을 포함하는 각 가상 유압 회로 분기에 대해 전체 등가 열린 단면 영역 $A_{\text{등가}}$ 는 다음과 같이 각 개별 제어 밸브의 가상 열린 단면 영역, A 로부터 계산된다:

[0107]
$$A_{\text{등가}} = \sum \frac{1}{A^2}$$

[0108] 각 가상 유압 회로 분기에 대해 개별 매니폴드에서 회로 분기를 통한 시뮬레이션된 누출 흐름, q 는 예를 들어 다음 공식을 사용하여 계산되며, 여기서 A 는 단일 밸브의 가상 열린 단면 영역이고-또는 여러 가상 밸브들이 존재하는 경우 $A_{\text{등가}}$, ΔP 는 밸브 바로 상류의 압력에서 밸브의 바로 하류 압력을 뺀 값이고, c 는 실험에 의해 발견될 수 있는 계수(당업계에서 흐름 계수로 알려져 있음)이며 (일반적으로 약 0.7임), ρ 는 유체 밀도이다.

$$q = \frac{A}{c \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}$$

[0109]

[0110]

가상 스로틀 오리피스(340A, 340B, 340C, 340D) 이전의 계산된 압력은 예를 들어 록업 테이블을 사용하여 이 유량으로부터 계산될 수 있으며, 결과 압력은 각 매니폴드에 흐름을 전달하는 작업 챔버들의 그룹의 네트 유량을 선택하기 위해 네거티브 피드백 신호로 사용된다.

[0111]

도 6을 참조하면, 유량 F_A , F_B 는 해당 매니폴드에 연결된 회로 분기들(제1 매니폴드 110A의 경우 310A 및 310B, 제2 매니폴드 110B의 경우 310C 및 310D)에 대해 계산된 각 압력 P_A , P_B (제1 매니폴드 110A의 경우 340A 및 340B에서, 제2 매니폴드 110B의 경우 340C 및 340D에서)를 기반으로 결정된다. 그런 다음 개별 매니폴드에 연결된 펌프 모듈들에 대한 유량, F 를 결정하기 위해 이들이 합산된다.

[0112]

그런 다음 개별 매니폴드에 연결된 펌프 모듈들의 변위를 계산하여 필요한 유량을 제공하고 작업 챔버 볼륨의 개별 사이클이 활성 또는 비활성 사이클을 수행하도록 할 것인지 결정한다. 여기서는 각 매니폴드에 연결된 펌프 모듈의 수와 용량 및 회전 가능한 샤프트의 현재 회전 속도를 고려하여 필요한 유량에 해당하는 변위 비율(F_d)을 계산하는 것을 포함할 수 있다.

[0113]

하나의 매니폴드에 대한 변위 수요가 현재 해당 매니폴드에 연결된 펌프 모듈들의 작업 챔버들에 대한 최대 가능한 수요를 초과하는 경우, 하나 이상의 펌프 모듈들이 밸브 네트워크(180)의 밸브들의 작동에 의해 다른 매니폴드로부터 이동되고 펌프 모듈 할당(256)이 업데이트된다. 두 매니폴드들의 전체 수요를 한 번에 전달할 수 없는 경우, 펌프 모듈들은 미리 결정된 우선순위지정 방식(prioritisation scheme)에 따라 제1 매니폴드와 제2 매니폴드 사이에서 분할될 수 있다.

[0114]

결과적으로, 각 매니폴드에 전달되는 흐름은 알려진 Negacon 배열과 유사하고 작업자에게 시스템의 느낌은 알려진 Negacon 디바이스의 느낌과 유사하다. 그러나, 다음과 같은 여러 가지 주요 차이점과 이점을 존재한다:

[0115]

먼저, 매니폴드 분기들이 가상이기 때문에 실제 스로틀 오리피스들을 통한 작동 유체의 실제 손실이 없어, 에너지 효율성이 향상된다.

[0116]

또한, 이는 비교적 적은 수의 추가 센서들을 사용하여 달성되었다. 예를 들어, 일부 실시예는 유량을 결정하기 위해 매니폴드 입력 압력 및 사용자 커맨드만을 측정할 수 있다. 그럼에도 불구하고 추가 압력 센서(예를 들어, 액추에이터에서), 액추에이터 위치 센서, 유량 센서 등과 같은 추가 센서들이 통합될 수 있다.

[0117]

펌프 모듈, 및 그의 작업 챔버들은 상이한 액추에이터들에 대한 유체 흐름 수요의 변동을 처리하기 위해 한 매니폴드에서 다른 매니폴드로 재할당될 수 있다. 따라서, 펌프 모듈들의 대부분이 필요할 때 단일 매니폴드에 일시적으로 연결될 수 있으므로, 펌프 모듈들의 최대 전체 출력의 절반 이상을 잠재적으로 필요로 하는 고용량 액추에이터들이 단일 매니폴드로부터 공급될 수 있다.

[0118]

기존 굴착기의 경우, 액추에이터들은 동일한 매니폴드 상의 두 개 이상의 액추에이터들이 한 번에 사용되는 그들이 빈도를 줄이기 위해 동시에 사용되는 빈도에 부분적으로 기반하여 하나의 매니폴드 또는 다른 매니폴드에 할당된다. 그 이유 중 하나는 단일 압력 소스에서 서로 다른 압력 레벨의 두 액추에이터들에 유체를 공급하는 것과 관련된 에너지 손실이다. 그러나 높은 흐름 수요를 갖는 액추에이터들은 결합된 모든 펌프 흐름이 두 매니폴드들로 라우팅될 수 있도록 두 매니폴드들에 연결되어야 할 수 있다. 이것은 사실상 두 매니폴드들을 하나로 결합한다. 본 발명에 따르면, 상당히 상이한 압력들 또는 유량들로 동시에 작동될 수 있는 액추에이터들이 상이한 매니폴드들에 할당될 수 있다. 각 매니폴드에 연결된 펌프 용량은 동적으로 변경될 수 있으므로, 시스템을 단일 압력 소스로 줄이지 않고도 높은 흐름 액추에이터에 필요한 흐름을 제공할 수 있다. 이것은 에너지 효율성을 향상시킨다.

[0119]

도 3의 예에서, 병렬 가상 회로 분기들(310A, 310B)은 고용량 액추에이터(130A)가 작동될 때 흐름을 제어하는데 사용되고 병렬 가상 회로 분기들(310C, 310D)은 고용량 액추에이터(130E)가 작동될 때 흐름을 제어하는데 사용된다. 추가 가상 회로 분기들(310B 및 310C) 및 개별 가상 제어 밸브들(320G, 320H)과 스로틀 오리피스들(330B, 330C) 사이의 위치들(340C, 340C)에서의 압력 계산 및 추가 액추에이터 제어 밸브들(또는 단일 더 높은 단면 액추에이터 제어 밸브들)의 제공은 개별 고용량 액추에이터들이 작동될 때 이러한 액추에이터들을 제1 및 제2 매니폴드 모두에 연결할 필요가 없이(도 1과 같이) 펌프 모듈들의 흐름의 절반 이상의 출력을 사용할 수 있게 한다. 이는 고용량 액추에이터가 사용될 때 제1 및 제2 매니폴드들이 다른 압력들 및 유량들로 유지될 수 있

어 에너지를 절약하고 제어를 단순화할 뿐만 아니라 펌프 모듈들을 하나의 매니폴드에서 다른 매니폴드로 이동하여 작동할 때 고용량 액추에이터로 유체를 전달하는 것을 지원하는 머신의 능력에 의해 가능하기 때문에 유리하다.

[0120] 유리하게는 이 예에서 시스템의 응답 및 유량은 매니폴드 입력 압력에 따라 항상 변할 것이다. 매니폴드 입력 압력은 액추에이터로의 유체 흐름의 레이트를 결정하기 때문에 중요한 파라미터다. 액추에이터로의 유체 흐름은 주어진 시간에 매니폴드 유입구 압력, 액추에이터의 압력 및 관련 액추에이터 밸브의 열린 단면 영역의 함수이고, 그리고 위에서 설명한 바와 같이 전형적인 Negacon 시스템은 이러한 특징적인 압력 의존성을 제공하므로 작업자에게 유용한 제어 시스템에 대한 독특한 느낌을 제공한다. 이것은 또한 응답의 일부 평활화(smoothing)를 제공한다. 또한, 일부 구성에서 작업자는 예를 들어 제어 조이스틱의 움직임에 대한 저항과 관련하여 매니폴드의 압력을 실제로 느낄 수 있다. 본 발명에 따른 배열은 이러한 느낌을 유리하게 복제할 수 있다.

[0121] 이러한 압력 의존성은 도 7에 도시되어 있으며, 이는 유체가 공급되는 액추에이터 내의 압력인 복수의 상이한 기능 압력 각각에 대해, 조이스틱으로부터의 유압 제어 라인의 파일럿 압력과 같은, 상이한 액추에이터 제어 신호 값들(x축)에 대한 분당 리터(y축)의 유량을 도시한다. 이는 물리적 구성요소에 대응하지만 위에서 설명한 네거티브 피드백 없이 도 8과 같이 제어 신호의 피드포워드(feedforward)만 사용하여 펌프 모듈 유량을 변경하고 매니폴드들 간에 펌프 모듈들을 재할당하는 시스템의 해당 응답과 대조된다.

[0122] 또한, 고용량 액추에이터들(130A, 130E)은 각각의 액추에이터에 할당된 추가 가상 매니폴드 분기, 가상 제어 밸브, 가상 제어 압력 및 가상 스톱 오리피스로 인해 나머지 액추에이터들에 대해 다른 압력 응답을 갖는다.

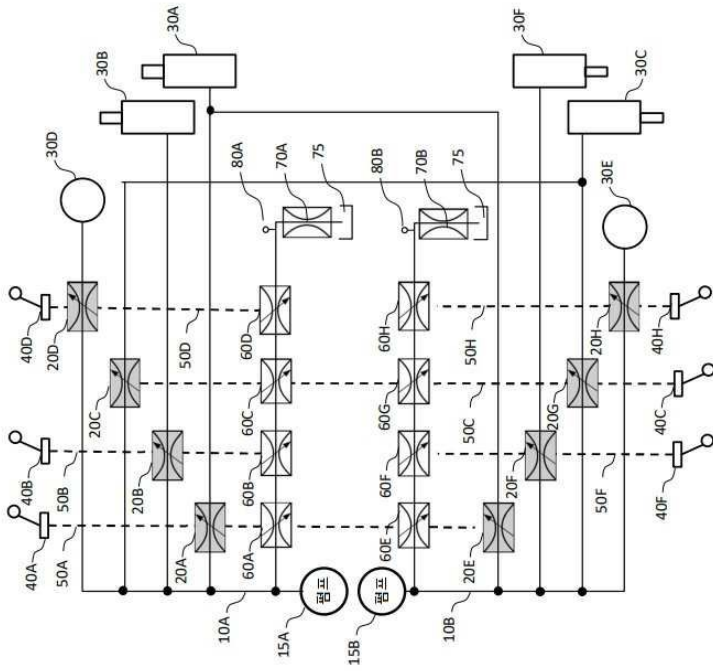
[0123] 이 예에서 가상 유압 회로 내의 압력이 계산되어 네거티브 피드백에 의해 펌프 모듈들의 제1 및 제2 그룹들의 유량을 결정하는 데 사용되지만, 네거티브 피드백 신호는 다른 계산된 속성, 예를 들어 계산된 가상 유량 또는 가상 액추에이터의 이동 위치 또는 속도에 기초하여 계산될 수 있다.

[0124] 또한, 예에서 각 매니폴드에 대한 주어진 유체 유량이 가상 유압 회로 부분의 속성을 효과적으로 시뮬레이션하는 것에 의해 결정되지만, 제어기는 대체 알고리즘을 사용하여 유체 유량을 계산할 수 있으며, 일부 경우에도 계산된 피드백 신호는 필요에 따라 추가로 수정될 수 있으며, 예를 들어 이는 평활화를 도입하기 위해 필터링될 수 있다. 시뮬레이션된 구성요소들의 속성은 영구적으로 또는 다양한 작동 모드에서 변경될 수 있고(예를 들어, 사용자 옵션을 제공하기 위해), 예를 들어 가상 제어 밸브 열린 단면 영역은 부하 압력에 대한 감도를 증가시키고 시스템의 압력 강하를 감소시키기 위해 증가될 수 있지만, 이는 각각의 제어 조이스틱이 더 큰 불감대(dead band)를 갖게 되는 효과가 있다.

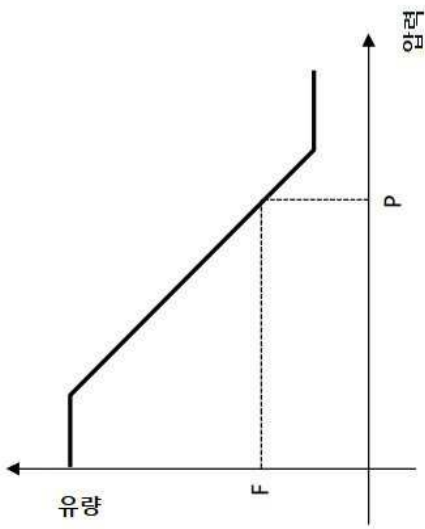
[0125] 이 예에서 펌프 모듈들은 펌프로 작동하고 액추에이터들에 유체를 전달한다. 그러나, 본 발명은 작동 챔버들이 액추에이터들로부터 유체를 수용하는 모터로서 제어되는 경우에도 작동 가능하다. 따라서 펌프 모듈들은 대체 작동 모드들에서 작동 가능한 펌프 및 모터일 수 있다. 이는 액추에이터들에 의해 반환된 유압 유체로부터 에너지 재생을 용이하게 한다.

도면

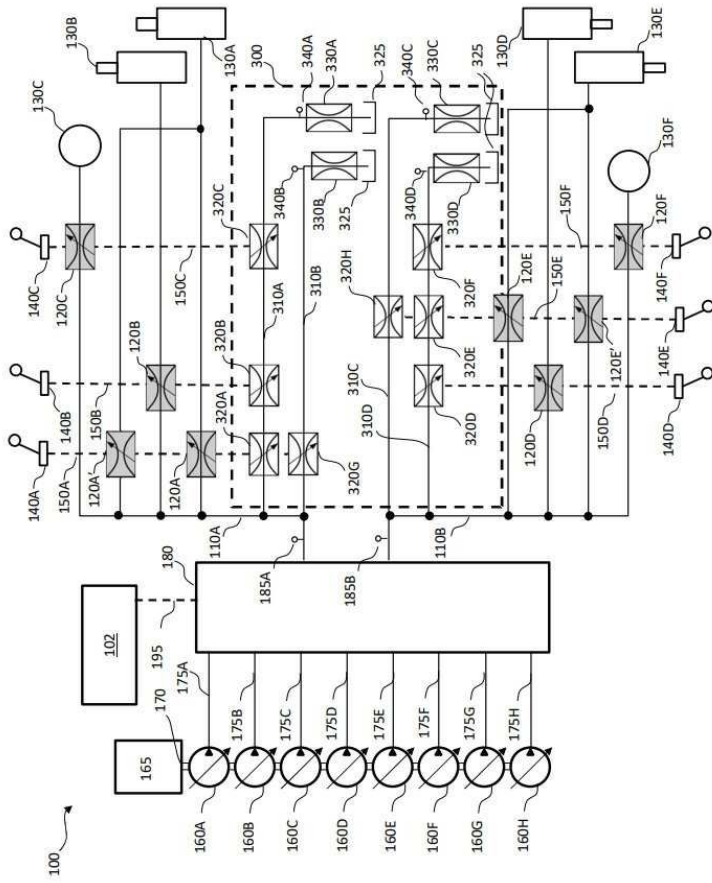
도면1



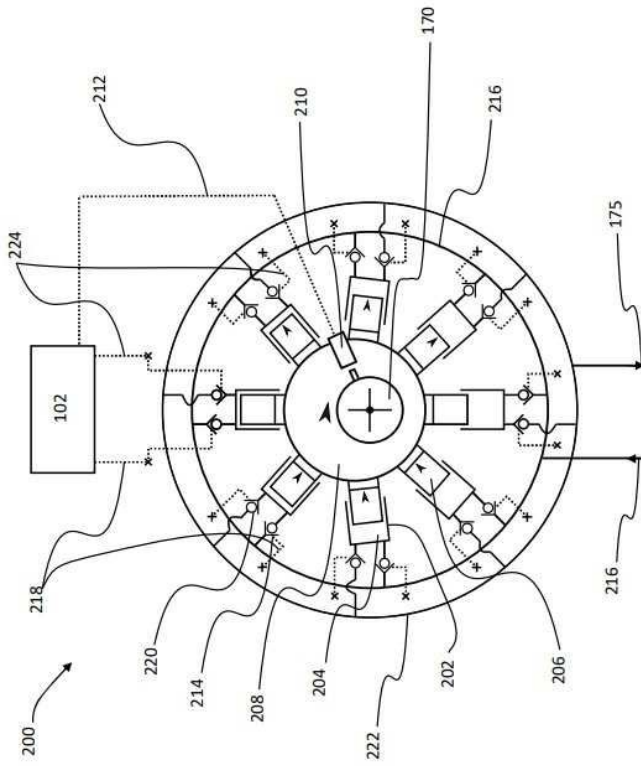
도면2



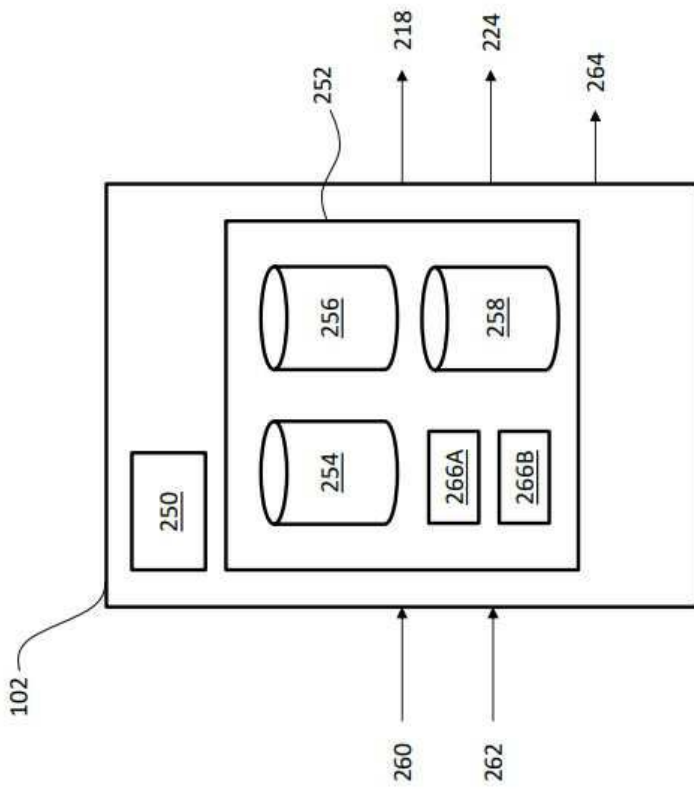
도면3



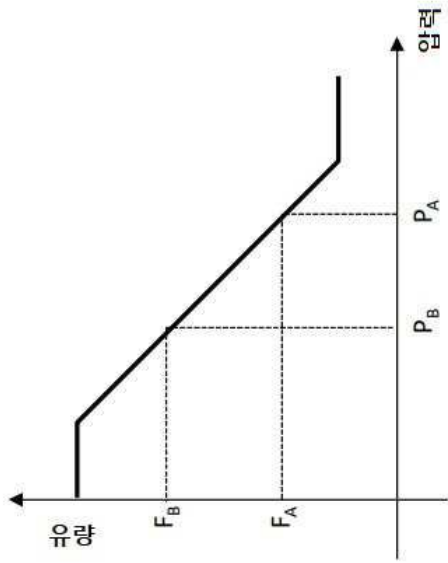
도면4



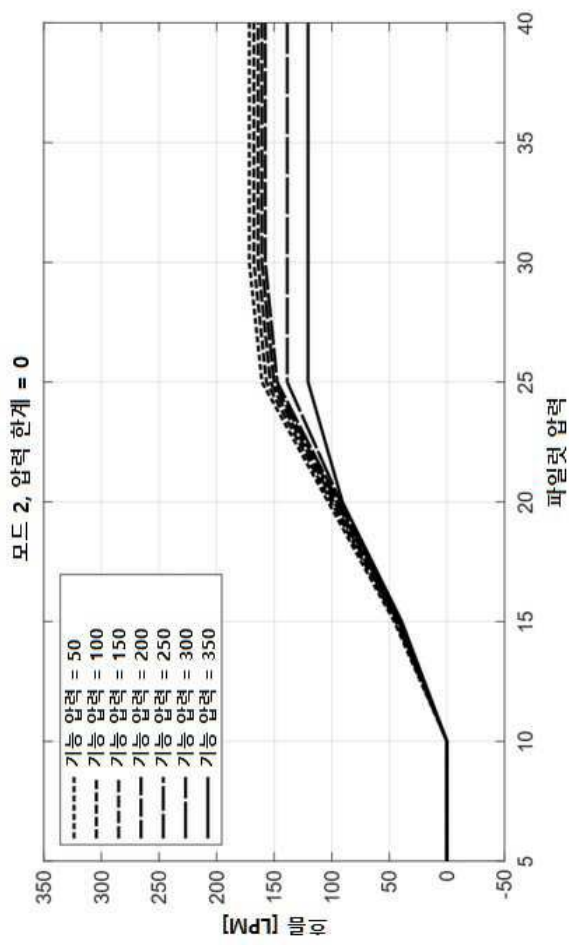
도면5



도면6



도면7



도면8

