(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0111644
(43) 공개일자 2023년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*B60K 6/387* (2007.10) *B60K 6/24* (2007.10)
*B60K 6/26* (2007.10) *B60K 6/28* (2007.10)
*B60K 6/365* (2007.10) *E02F 9/20* (2006.01)
*E02F 9/22* (2006.01) *F15B 13/04* (2006.01)
*F15B 13/042* (2006.01) *F16H 59/38* (2006.01)
*F16H 61/66* (2021.01)
(52) CPC특허분류
*B60K 6/387* (2013.01)
*B60K 6/24* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0006620
(22) 출원일자 2022년01월17일
심사청구일자 2022년01월17일

(71) 출원인
**울산대학교 산학협력단**
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
**안경관**
울산광역시 남구 대공원로 207, 102동 402호(신정동, 대공원 월드메르디앙)
**도, 치 크엉**
울산광역시 남구 대학로 93(무거동, 울산대학교)
(74) 대리인
**김정수**

전체 청구항 수 : 총 8 항

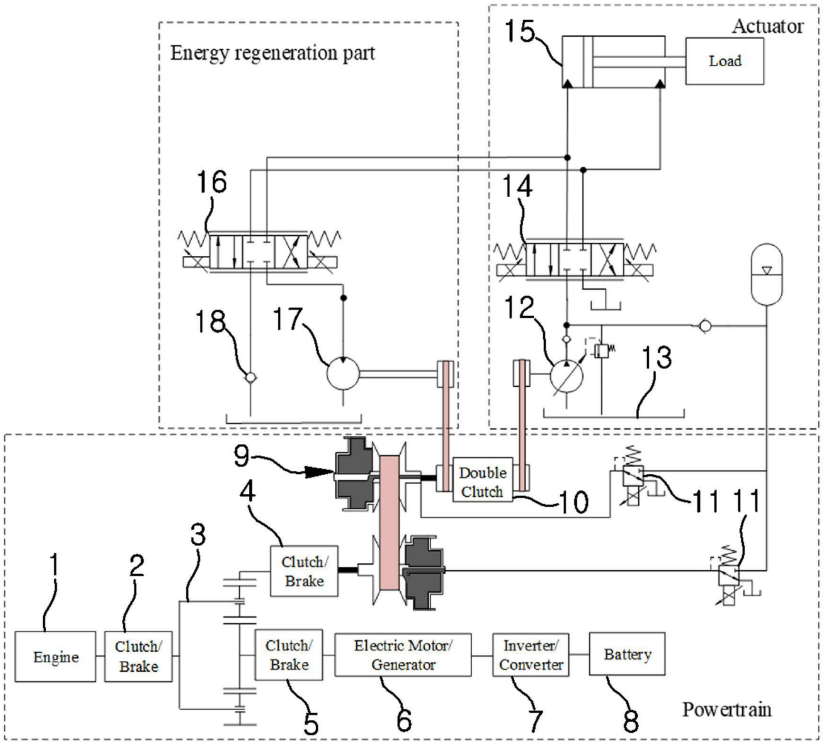
(54) 발명의 명칭 **무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템 및 그 제어 방법**

## (57) 요 약

본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템은, 유압에 의하여 외부 질량을 이동시키기 위해 상승/하강 운동하는 붐실린더, 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제1 방향제어밸브, 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제2 방향제어밸브, 제1 방향

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



제어밸브에 연결되는 유압펌프, 제2 방향제어밸브에 연결되는 유압모터, 동력을 전달하기 위하여 일측에 유압펌프가 연결되고 타측에 유압모터가 연결되는 더블클러치, 출력측에 더블클러치가 연결되고 일정 간격 이격되며 간격을 조정할 수 있는 풀리 쌍을 출력측과 입력측에 각각 구비하는 무단변속기, 동력을 발생시키는 엔진, 엔진에서 발생된 동력을 일정 비율로 감속하여 무단변속기의 입력측으로 전달하는 유성기어, 상황에 따라 유성기어를 통하여 동력을 전달받거나 제공할 수 있는 전기 모터/발전기 및 전기 모터/발전기에서 생산된 전력을 저장하는 배터리를 포함하고, 붐업프로세스 또는 붐다운프로세스 각각에서, 제1 방향제어밸브 또는 제2 방향제어밸브가 선택적으로 동력을 전달하는 것을 특징으로 한다. 이상과 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 붐업 과정에서 붐에 작용하는 부하에 따라 최적 효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속할 수 있는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공할 수 있게 되는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류
***B60K 6/26*** (2013.01)
***B60K 6/28*** (2013.01)
***B60K 6/365*** (2013.01)
***E02F 9/202*** (2013.01)
***E02F 9/2217*** (2013.01)
***F15B 13/0401*** (2013.01)
***F15B 13/042*** (2013.01)
***F16H 59/38*** (2013.01)
***F16H 61/66*** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415177548
과제번호 P0018648
부처명 산업통산자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 수소전기트램실증
연구과제명 수소전기트램 실주행 환경 실증 및 운영기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 (재)울산테크노파크
연구기간 2021.07.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345341781
과제번호 2021RIS-003
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업
연구과제명 수소 건설기계 가상화 시스템 및 응용 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산대학교
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

# *명 세 서*

## *청구범위*

### 청구항 1

유압에 의하여 외부 부하를 이동시키기 위해 상승/하강 운동하는 붐실린더;

상기 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제1 방향제어밸브;

상기 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제2 방향제어밸브;

상기 제1 방향제어밸브에 연결되는 유압펌프;

상기 제2 방향제어밸브에 연결되는 유압모터;

동력을 전달하기 위하여 일측에 상기 유압펌프가 연결되고 타측에 상기 유압모터가 연결되는 더블클러치;

출력측에 상기 더블클러치가 연결되고 간격을 조정할 수 있는 제1풀리와 제2풀리를 상기 출력측과 입력측에 각각 구비하는 무단변속기;

상기 제1풀리와 상기 제2풀리를 조절하여 상기 무단변속기의 속도비를 조절할 수 있는 제어부;

동력을 발생시키는 엔진;

상기 엔진에서 발생된 동력을 상기 무단변속기의 입력측으로 전달하는 유성기어;

상기 유성기어를 통하여 동력을 전달받거나 제공할 수 있는 전기 모터/발전기; 및

상기 전기 모터/발전기에서 생산된 전력을 저장하는 배터리;를 포함하고,

붐업프로세스 또는 붐다운프로세스 각각에서, 상기 제1 방향제어밸브 또는 제2 방향제어밸브가 선택적으로 동력을 전달하는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 붐업프로세스 중,

상기 엔진의 동력이,

상기 유성기어를 거쳐 상기 무단변속기의 입력측에 전달되고,

상기 무단변속기의 출력측을 통하여 상기 유압펌프에 전달되어 유압으로 출력되고,

상기 제1 방향제어밸브를 거쳐 상기 붐실린더에 유압 입력으로 전달되는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템.

### 청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 제어부는 상기 엔진이 상기 외부 부하에 따른 최대 효율을 가지는 토크와 속도에서 동작할 수 있도록 상기 무단변속기의 속도비를 제어하는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 붐다운프로세스 중,

상기 붐실린더에서 출력되는 유압이,

상기 제2 방향제어밸브를 거쳐 상기 유압모터로 전달되고,

상기 유압모터에서 출력되는 동력이 상기 더블클러치의 타측으로 전달되어 상기 더블클러치의 타측을 통하여 상기 무단변속기의 출력측에 전달되고,

상기 무단변속기의 입력측으로 전달되어 상기 유성기어를 거쳐 상기 전기 모터/발전기에 전달되어 전력으로 변환되어 상기 배터리에 저장되는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템.

**청구항 5**

제 4항에 있어서, 상기 제어부는 상기 전기 모터/발전기가 상기 외부 부하에 따른 최대 효율을 가지는 토크와 속도에서 동작할 수 있도록 상기 무단변속기의 속도비를 제어하는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템.

**청구항 6**

외부 질량을 이동시키기 위한 붐실린더를 포함하는 붐시스템, 상기 붐실린더 관련 유압흐름을 제어하는 제1/제2 방향제어밸브, 더블클러치, 무단변속기, 엔진, 전기 모터/발전기, 배터리, 상기 붐실린더 조종 인터페이스인 조이스틱을 포함하는 파워트레인 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 시스템에 포함되는 변수들을 초기화하는 변수초기화단계;

상기 붐시스템을 작동하고 유압을 측정하는 붐작동시작단계;

조이스틱 입력을 감지하고 감지결과가 0보다 크면 붐업프로세스수행단계로 분기하고, 0보다 작으면 붐다운프로세스수행단계로 분기하는 입력감지및분기단계;

상기 붐업프로세스수행단계 또는 붐다운프로세스수행단계 종료 시의 무단변속기의 제어에 따라 붐실린더를 이동시키는 붐이동단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서,

상기 붐업프로세스수행단계에는,

분기된 프로세스를 인식하는 제1분기인식단계;

붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제1계측값을 인식하는 제1조건로딩단계;

사전 입력된 엔진의 에너지 등효율선도와 상기 제1계측값에 기초하여 최대 효율을 가지도록 최적 토크와 회전속도를 계산하는 붐업효율계산단계; 및

상기 최적 토크와 회전 속도의 계산결과에 따라 상기 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제1변속기제어단계;가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법.

**청구항 8**

제 6항에 있어서,

상기 붐다운프로세스수행단계에는,

분기된 프로세스를 인식하는 제2분기인식단계;

붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제2계측값을 인식하는 제2조건로딩단계;

사전 입력된 전기 모터/발전기의 발전 등효율선도와 상기 제2계측값에 기초하여 최대 효율을 가지도록 최적 토크와 회전 속도를 계산하는 붐다운효율계산단계; 및

상기 적정 토크와 회전 속도의 계산결과에 따라 상기 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제2변속기제어단계;가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 굴삭기의 유압 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 무단 변속기(CVT)를 사용하여 내연 기관(ICE)이 최적의 작업 효율성을 달성할 수 있게 한 에너지 회생 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 일반적으로 굴삭기는 조작자의 조작동작에 따라 유압장치가 구동되면서 바닥파기, 토사적재 등의 다양한 작업을 수행하는 중장비이며, 굴삭기의 끝단에는 암(ARM), 암(ARM)에 장착되는 버켓(BUCKET)을 장착한 붐을 형성하고 있다. 또한, 붐의 상하 각도를 조정하는 유압실린더를 포함하여 구성된다.

[0004] 한국공개특허 제10-2011-0029634호는 건설기계의 붐 위치에너지 회생 장치 및 방법 에 관한 것으로서, 제어신호 입력에 따라 정, 역방향으로 구동되는 전기모터; 상기 전기모터에 의해 양방향으로 구동되는 양방향 유압펌프; 상기 유압펌프와 붐 유압실린더의 라지챔버 사이에 형성되며 작동유가 흐르는 라지챔버라인; 상기 유압펌프와 상기 유압실린더의 스몰챔버 사이에 형성되며 작동유가 흐르는 스몰챔버라인; 상기 라지챔버와 상기 스몰챔버를 포함하여 이루어지며 상기 라지챔버와 상기 스몰챔버 내의 작동유에 의해 신축구동되는 붐 유압실린더; 상기 라지챔버라인 및 상기 스몰챔버라인에서 각각 분기된 유로들과 입구포트들을 형성하고 탱크에 연결된 리턴라인과 출구포트를 형성하되, 붐 상승시 상기 탱크로의 리턴라인을 차단하고 붐 하강 시 상기 스몰챔버라인과 상기 리턴라인 간 유로를 형성시키는 방향제어밸브부; 상기 출구포트로부터 상기 탱크로 회수되는 작동유가 흐르는 리턴라인; 붐 하강시 고압의 상기 라지챔버라인에서 저압의 상기 스몰챔버라인으로 흐르는 작동유에 의해 역방향 구동되는 상기 유압펌프의 구동에 의해 구동되어 발전하는 발전기; 상기 발전기에 의해 생성되는 전기에너지를 저장하는 배터리; 및 사용자의 조작신호에 따라 상기 전기모터, 발전기 및 방향제어밸브부를 구동시키도록 제어신호를 출력하는 메인컨트롤러를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다. 개시된 기술에 따르면, 붐 하강 작동시에 발전기가 작동되어 전기에너지를 발전하여 배터리로 충전이 가능하게 하며, 하강시 고압라인에서 저압라인으로 흐르는 작동유에 의해 작동되는 유압펌프에 의해 유압펌프에 연결된 전기모터를 역방향으로 가속 회전시켜 발전기를 구동하는 효과를 가진다.

[0005] 한국공개특허 제10-2008-0107494호는 유압펌프와 일체형으로 연결된 전기모터의 회전방향 및 속도에 따라 붐 또는 유압기기를 구동시 키는 유압실린더에 공급되는 작동유를 제어하고, 부하가 가해진 유압실린더의 로드 하강시 위치에너지를 유압모터 및 발전기를 이용하여 전기에너지로 충전시켜 사용할 수 있도록 하는 유압실린더용 위치에너지 회생장치 및 회생방법에 관한 것으로서, 외부로부터 제어신호 입력에 따라 구동되는 전기모터; 상기 전기모터에 일체형으로 연결되며 양방향으로 구동되는 고정형 유압펌프; 상기 유압펌프의 작동유 이동통로에 설치되고, 상기 전기모터의 회전방향 및 속도에 따라 유압펌프로부터 토출 되는 작동유에 의해 신축구동되는 유압실린더; 상기 작동유 이동통로와 유압탱크사이에 설치되고, 절환시 유압탱크로부터의 작동유를 유압펌프에 공급하거나, 유압실린더로부터의 작동유를 유압탱크로 귀환시키는 방향절환밸브; 상기 유압실린더에 설정된 압력이상의 부하압이 발생되어 유압실린더의 로드가 하강되는 경우 외부로부터의 제어신호 입력에 의해 내부 스풀이

절환되는 분기밸브; 상기 분기밸브를 통하여 유압실린더로부터 귀환되는 작동유에 의해 구동되는 유압모터; 상기 유압모터에 축연결되는 발전기; 상기 유압모터 구동으로 발전기에 의해 생성되는 전기에너지를 직류전류로 변환하는 컨버터; 상기 컨버터에 의해 변환되는 직류전류를 충전시키는 배터리; 및 외부로부터 신호 입력에 따라 컨버터, 분기밸브 및 전기모터를 구동시키도록 제어신호를 출력하는 메인 컨트롤러를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다. 개시된 기술에 따르면, 전기모터의 회전방향과 속도에 따라 유압실린더에 공급되는 작동유량을 제어하고, 부하가 작용된 유압실린더의 로드 수축구동시(수직으로 하강운동시) 유압모터와 발전기를 이용하여 위치에너지를 전기에너지로 충전시킴에 따라 에너지를 절감하고 유압시스템의 효율을 높이는 효과를 가진다.

[0006] 그런데, 기존의 에너지 회생 하이브리드 유압굴삭기 시스템에서는 시스템 별로 파워트레인의 효율이 부하 무게에 따라 일정하게 유지될 수 밖에 없었기에, 굴삭기에 적용된 파워트레인에 따라 최적 효율을 낼 수 있는 무게 범위가 정해지게 된다는 문제가 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2011-0029634호( 명칭: 건설기계의 붐 위치에너지 회생 장치 및 방법, 공개일: 2011.03.23. )

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2008-0107494호( 명칭: 유압실린더용 위치에너지 회생장치 및 회생방법, 공개일: 2008.12.11. )

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기한 문제점을 개선하기 위하여 발명된 것으로, 붐업 과정에서 붐에 작용하는 부하에 따라 최적 효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속할 수 있는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은, 붐다운 과정에서 붐의 하강에 따라 최적 발전효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속 발전할 수 있는 모터/발전기를 포함하는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 기술적 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제는 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 상기 과제를 달성하기 위하여 안출된, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템은, 유압에 의하여 외부 질량을 이동시키기 위해 상승/하강 운동하는 붐실린더, 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제1 방향제어밸브, 붐실린더에 연결되어 유압흐름을 제어하는 제2 방향제어밸브, 제1 방향제어밸브에 연결되는 유압펌프, 제2 방향제어밸브에 연결되는 유압모터, 동력을 전달하기 위하여 일측에 유압펌프가 연결되고 타측에 유압모터가 연결되는 더블클러치, 출력측에 더블클러치가 연결되고 일정 간격 이격되며 간격을 조정할 수 있는 풀리 쌍을 출력측과 입력측에 각각 구비하는 무단변속기, 동력을 발생시키는 엔진, 엔진에서 발생된 동력을 일정 비율로 감속하여 무단변속기의 입력측으로 전달하는 유성기어, 상황에 따라 유성기어를 통하여 동력을 전달받거나 제공할 수 있는 전기 모터/발전기 및 전기 모터/발전기에서 생산된 전력을 저장하는 배터리를 포함하고, 붐업프로세스 또는 붐다운프로세스 각각에서, 제1 방향제어밸브 또는 제2 방향제어밸브가 선택적으로 동력을 전달하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 붐업프로세스 중, 엔진의 동력이, 유성기어를 거쳐 무단변속기에 입력되고, 무단변속기의 출력측을 통하여 유압펌프에 전달되어 유압으로 출력되고, 제1 방향제어밸브를 거쳐 붐실린더에 입력으로 전달되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 붐다운프로세스 중, 붐실린더에서 출력되는 유압이, 제2 방향제어밸브를 거쳐 유압모터로 전달되고, 유압모터에서 출력되는 동력이 무단변속기의 타측으로 전달되어 무단변속기의 타측을 통하여 무단변속기의 출력측에 전달되고, 무단변속기의 입력측으로 출력되어 유성기어를 거쳐 전기 모터/발전기에 전달되어 전력으로 변환되어 배터리에 저장되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법은, 외부 질량을 이동시키기 위한 붐실린더를 포함하는 붐시스템, 붐실린더 관련 유압흐름을 제어하는 제1/제2 방향제어밸브, 더블클러치, 무단변속기, 엔진, 전기 모터/발전기, 배터리, 붐실린더 조종 인터페이스인 조이스틱을 포함하는 파워트레인 시스템의 제어 방법에 있어서, 시스템에 포함되는 변수들을 초기화하는 변수초기화단계, 붐시스템을 작동하고 유압을 측정하는 붐작동시작단계, 조이스틱 입력을 감지하고 감지결과가 0보다 크면 붐업프로세스수행단계로 분기하고, 0보다 작으면 붐다운프로세스수행단계로 분기하는 입력감지및분기단계, 붐업프로세스수행단계 또는 붐다운프로세스수행단계 종료 시의 무단변속기의 제어에 따라 붐실린더를 이동시키는 붐이동단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법의 붐업프로세스수행단계에는, 분기된 프로세스를 인식하는 제1분기인식단계, 붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제1계측값을 인식하는 제1조건로딩단계, 사전 입력된 엔진의 에너지 등효율선도와 제1계측값에 기초하여 최대 효율을 가지도록 최적 토크와 회전 속도를 계산하는 붐업효율계산단계 및 최적 토크와 회전 속도의 계산결과에 따라 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제1변속기제어단계가 더 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템의 제어 방법의 붐다운프로세스수행단계에는, 분기된 프로세스를 인식하는 제2분기인식단계, 붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제2계측값을 인식하는 제2조건로딩단계; 사전 입력된 엔진의 에너지 등효율선도와 상기 제2계측값에 기초하여 최대 효율을 가지도록 최적 토크와 회전 속도를 계산하는 붐업효율계산단계 및 최적 토크와 회전 속도의 계산결과에 따라 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제2변속기제어단계가 더 포함되는 것을 특징으로 한다.

## *발명의 효과*

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 붐업 과정에서 붐에 작용하는 부하에 따라 최적 효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속할 수 있는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공할 수 있게 된다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 붐다운 과정에서 붐의 하강에 따라 최적 발전효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속 발전할 수 있는 모터/발전기를 포함하는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공할 수 있게 된다.

[0024] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인에 포함되는 전자 유압 무단변속 파워트레인의 구성을 설명하기 위한 유압회로도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개

선 파워트레인에 포함되는 유성기어에 관하여 설명하기 위하여 도시된 개념적인 평면도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 붐업 프로세스에 관하여 설명하기 위하여 도시된 유압회로도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인에 포함되는 무단변속기(CVT)의 구조에 관하여 설명하기 위하여 도시된 유압회로도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 붐다운 프로세스에 관하여 설명하기 위하여 도시된 유압회로도이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 제어 방법 및 에너지 관리 전략을 설명하기 위한 순서도이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기에 포함되는 엔진의 등효율선도이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기에 포함되는 발전기의 등효율선도이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0027] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0028] 실시예를 설명함에 있어서 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려져 있고 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.

[0029] 마찬가지 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다. 또한, 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니다. 각 도면에서 동일한 또는 대응하는 구성요소에는 동일한 참조 번호를 부여하였다.

[0031] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인에 포함되는 전자 유압 무단변속 파워트레인의 구성을 설명하기 위한 유압회로도이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 전자 유압 무단변속 파워트레인(EHCVP: Electrical Hydraulic Continually Variable Powertrain)은, 파워트레인부, 액추에이터부 및 에너지재생부의 세 가지 주요 부분으로 구성된다.

[0034] 파워트레인부에는 엔진(1)(내연기관(ICE: Internal Combustion Engine)), 전기 모터/발전기(6), 3 개의 싱글클러치(2,4,5), 유성기어(3), 배터리(8), 더블클러치(10) 및 무단변속기(9)(CVT: Continuously Variable Trasmission)가 포함되어 있다.

[0035] 액추에이터부에는 유압펌프(12), 제1 방향제어밸브(14) 및 붐실린더(15)가 포함되어 있다.

[0036] 에너지재생부는 도 1과 같이 제2 방향제어밸브(16)와 유압모터(17)를 포함하도록 구성된다.

[0038] 이하 도 2 내지 5를 참조하여 작동원리에 대하여 설명한다.

[0040] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 하이브리드 유압굴삭기는 붐업(extraction) 과정에서 유압펌프(12)는 더블클러치(10)를 오른쪽 위치로 변경하여 엔진(1)과 전기 모터/발전기(6)에 의해 구동된다. 여기서 엔진(1)은 시스템에 동력을 공급하는 주 동력원의 역할을 한다. 전기 모터/발전기(6)는 엔진(1)을 지원하거나 초과 전력을 회생(regenerate)하는 데 사용된다. 예를 들어, 엔진(1)의 동력이 요구 동력보다 높을 때 전기 모터/발전기(6)는 발전 모드로 작동하여 초과 동력을 흡수한다. 엔진(1)의 출력이 필요한 출력보다 낮으면 전기 모터/발전기(6)가

모터 모드에서 작동하여 부족한 전력을 보충한다.

[0041] 도 2 및 도 3을 참조하면, 유성기어(3)에서 엔진(1)과 전기 모터/발전기(6)는 각각 위성기어(22)와 선기어(20)에 연결된다.

[0042] 링기어(30)는 무단변속기(9)의 입력샤프트(44)와 연결되어 있다.

[0043] 도 3, 4를 참조하여 동작과정을 설명하면, 유압펌프(12)의 유량은 전자비례감압밸브(11)(EPPR: Electro Proportional Pressure Reducing)를 통해 제어되어 다음과 같이 공급된다.

[0044] 유압펌프(12)로부터의 유량(46)은 전자비례감압밸브(11)(EPPR: Electro Proportional Pressure Reducing valve)를 통해 제어되어 무단변속기(9) 시스템의 유압챔버(41)(43)로의 공급됨에 따라 풀리(40)의 두 플레이트 사이의 간격이 조절된다.

[0045] 따라서 동력원(엔진(1), 배터리(8))과 유압펌프(12)의 기어비는 무단변속기(9)에 의해 조정될 수 있다. 동력원으로부터의 기계적 동력은 유압펌프(12)를 통해 유압으로 변환되어 붐실린더(15)에 공급된다. 붐실린더(15)의 상태는 도 3에 도시된 제1 방향제어밸브(14)에 의해 제어된다.

[0047] 무단변속기(9) 시스템의 구조는 도 4에 나와 있다. 먼저 유압펌프(12)에서 나오는 유량(46)이 어큐뮬레이터로 공급된다. 다음, 어큐뮬레이터로부터의 유량은 2개의 전자비례감압밸브(11)를 통해 무단변속기(9) 시스템의 유압챔버(41)(43)로 전달된다. 유압챔버(41)(43)의 압력은 전자비례감압밸브(11)의 전기 신호에 의하여 제어되고, 풀리(40)의 플레이트를 밀어낸다. 이에 따라 풀리(40)의 두 플레이트의 거리가 조절된다. 기어비와 유압펌프(12)의 유량(46) 사이의 관계는 다음과 같이 추정할 수 있다.

[0049] $$Q = \omega D \quad (1)$$

[0050] 식 (1)에서 Q는 유압펌프의 유량, ω는 유압펌프의 속도, D는 유압펌프의 변위이다. 유압펌프의 압력은 다음과 같이 계산할 수 있다.

[0052] $$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

[0053] 식 (2)에서 P는 유압펌프의 압력, F는 실린더의 하중, A는 실린더의 면적이다. 어큐뮬레이터의 압력은 다음과 같이 추정할 수 있다.

[0055] $$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (3)$$

[0056] 식 (3)에서 $P_n$(n=1,2….)은 어큐뮬레이터의 압력이다. $V_n$(n=1,2….)은 어큐뮬레이터의 체적이다. 식 (3)은 체적이 감소할 때 압력이 증가하고 그 반대도 마찬가지임을 나타낸다. 전자비례감압밸브(11)는 다음과 같이 추정할 수 있다.

[0058] $$x_v = \frac{x}{x_{max}} = \frac{A_v(p_{set} - p_{out})}{x_{max}(k_{equiv} + 2C_q \pi diam_{equiv}|p_n - p_{out}|\cos\alpha_{jet})} \quad (4)$$

[0059] 식 (4)에서 Pn은 어큐뮬레이터의 압력이고 $P_{out}$은 무단변속기(9)의 유압챔버(41)(43) 압력이다. $p_{set}$는 스프링 힘에 의존하는 전자비례감압밸브(11)의 설정 압력이다. $A_v$는 스풀 밸브의 면적이다. $\alpha_{jet}$는 밸브의 제트 각도이다. $diam_{equiv}$는 스풀 밸브의 직경이다. $C_q$는 유량 계수이다. $k_{equiv}$는 감속기 스풀(reducer spool)에서 본 등가 강성이다. $x_{max}$는 스풀 밸브의 최대 변위이다. 전자비례감압밸브(11)를 통과하는 유량은 다음과 같이 추정할 수 있다.

[0061] $$Q_{out} = x_v Q_{in} \quad (5)$$

[0062] 식 (5)에서 $Q_{in}$은 어큐뮬레이터와 유압펌프로 부터의 유량이다. $Q_{out}$은 밸브에서 출력되는 유량이다. $x_v$는 밸브의 변위이다.

[0064] 무단변속기(9) 속도비가 변할 때, 구동 풀리 실린더 $Q_P$와 종동 풀리 실린더 $Q_s$로부터의 순간 유입/유출 유량은 다음과같다.

[0066] $$\begin{cases} Q_p = V_{DR} A_{DR} = \dfrac{dD_{DR}}{di_{CVT}} tg\dfrac{\alpha}{2} \dfrac{di_{CVT}}{dt} A_{DR} \\ Q_s = V_{DN} A_{DN} = \dfrac{dD_{DN}}{di_{CVT}} tg\dfrac{\alpha}{2} \dfrac{di_{CVT}}{dt} A_{DN} \end{cases} \quad (6)$$

[0067] 식 (6)에서, $V_{DR}$ 및 $V_{DN}$은 각각 구동 풀리 및 종동 풀리의 가동 부분의 축방향 변위(axial displacemnet_ 속도이고, $D_{DR}$은 구동 풀리의 작동 직경이다. α는 풀리 그루브(groove) 각도이다. $A_{DR}$ 및 $A_{DN}$은 각각 구동 풀리 실린더와 종동 풀리 실린더의 동작 면적(action areas)이다. $i_{CVT}$는 무단변속기(9)(CVT)의 속도비이다.

[0069] 유압 공급 압력 $P_s$는 종동 풀리 실린더 $P_{DN}$의 작동 압력과 같다. $P_L$은 유압 시스템의 수요 동력(부하 동력)이다.

[0071] $$P_s = P_{DN} = \frac{T_{in}\beta\cos\dfrac{\alpha}{2}}{\mu D_{DR} A_{DN}}$$
$$P_L = P_s f(Q_p, Q_s) \quad (7)$$

[0072] 식 (7)에서 $T_{in}$은 유압 펌프의 구동 토크이다. β는 토크를 전달하기 위한 예비(reserve) 계수이다. μ는 마찰 계수이다. $f(Q_p, Q_s)$는 $Q_p$와 $Q_s$의 함수이다.

[0074] 도 5를 참조하면, 붐다운(retraction) 과정에서 붐실린더(15)는 동력원으로부터의 동력 공급 없이 아래로 이동할 수 있다. 따라서 이때에는 엔진(1)이 꺼진다. 제2 방향제어밸브(16)는 왼쪽 위치로 전환된다. 붐실린더(15)의 보어 챔버로부터의 유량은 더블클러치(10)의 좌측 포지션 및 무단변속기(9) 시스템을 통해 전기 모터/발전기(6)와 연결된 유압모터(17)로 전달된다. 발전기(6)의 토크와 속도는 무단변속기(9) 시스템을 제어하여 조정할 수 있다. 이에 따라 유압에너지가 전기에너지로 변환되어 배터리(8)에 저장된다.

[0076] 도 6을 참조하여, 본 발명에 따른 전기 유압 무단변속 파워트레인(EHCVP) 시스템을 동작시키기 위한 에너지 전략을 설명한다. 붐실린더(15)의 현재 상태를 유지하기 위하여 모든 파라미터는 초기값으로 설정된다. 작동 모드는 음수 및 양수 값이 각각 붐 다운 및 붐 업을 의미하는 조이스틱 신호에 의하여 결정된다.

[0077] 붐업프로세스에서 엔진(1)의 최대 효율은 도 7과 같은 엔진 등효율선도를 기반으로 결정될 수 있으며, 결정된 값을 엔진의 기준 동력으로 사용한다. 무단변속기(9)는 엔진(1) 트랙의 출력을 상기 기준 동력으로 제어하여 최고 효율을 달성하는 데 사용된다. 도 7을 참조하면, 붐실린더의 부하가 400kg일 때 엔진(1)의 속도가 330rpm,토크가 55Nm이라면 엔진(1)의 효율이 0.335와 0.376사이인 것을 알 수 있다. 따라서, 무단변속기(9)의 속도비(감속비) 제어를 통하여 엔진(1)의 속도가 275rpm, 토크가 70Nm이 되도록 제어한다면 엔진(1)의 효율이 0.418을 넘

어 최대효율을 가지도록 할 수 있다. 마찬가지로 부하가 800kg일 경우에도 무단변속기(9)의 속도비(감속비) 제어를 통하여 엔진(1)의 속도와 토크를 엔진(1) 이 최대효율을 가지는 속도와 토크로 제어할 수 있다. 엔진(1)의 등효율선도는 엔진(1)의 고유한 특성에 따라 결정되는 것으로, 일 실시예 따르면 본 발명에 따른 전기 유압 무단변속 파워트레인(EHCVP) 시스템에 기입력된 값일 수 있다.

[0078] 붐다운프로세스에서 전기 모터/발전기(6)의 토크는 부하 조건에 따라 결정되며, 도 8과 같은 모터/발전기 등효율선도를 기반으로 결정될 수 있다. 전기 모터/발전기(6)의 회전 속도를 통해 붐의 속도가 제어된다. 도 8을 참조하면, 도 7과 유사한 방식으로 붐의 하중에 따른 전기 모터/발전기(6)의 토크와 속도가 효율이 낮은 영역에 속하게 되면, 전기 모터/발전기(6)의 토크와 속도가 효율이 높은 영역(중심 노란색 영역)으로 오도록 무단변속기(9)를 통해 제어함으로써, 에너지 회수 효율을 최대로 할 수 있다. 전기 모터/발전기(6)의 등효율선도는 전기 모터/발전기(6)의 고유한 특성에 따라 결정되는 것으로, 일 실시예 따르면 본 발명에 따른 전기 유압 무단변속 파워트레인(EHCVP) 시스템에 기입력된 값일 수 있다.

[0080] 이러한 에너지 관리 전략을 사용하여 제안된 전기 유압 무단변속 파워트레인(EHCVP) 시스템은 붐상승 시 엔진의 최고 효율로 작동될 수 있으며 또한 붐하강 시 최고의 효율로 에너지를 회수할 수 있다.

[0082] 도 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른, 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 제어 방법 및 에너지 관리 전략을 설명하기 위한 순서도이다.

[0083] 도 6을 참조하면, 본 발명의 파워트레인 시스템의 제어 방법은, 아래와 같은 $S_2$ 내지 $S_5$에 해당하는 단계들을 포함한다. $S_1$ 및 $S_6$는 각각 시작과 종료로서, 모든 순서도에 포함되는 부분인 관계로 해당 단계를 특정 명칭으로 명명하지 않았다.

[0085] 시스템에 포함되는 변수들을 초기화하는 변수초기화단계($S_2$)

[0086] 붐시스템을 작동하고 유압을 측정하는 붐작동시작단계($S_3$)

[0087] 조이스틱 입력을 감지하여, 분기될 단계를 결정하는 입력감지및분기단계($S_4$)

[0088] - 감지결과가 0보다 크면 붐업프로세스수행단계로 분기.

[0089] - 감지결과가 0보다 작으면 붐다운프로세스수행단계로 분기.

[0091] 붐 업/다운 프로세스수행단계 종료 시의 무단변속기의 제어에 따라 붐실린더를 이동시키는 붐이동단계($S_5$)

[0093] $S_4$ 단계에서 붐업프로세스수행단계로 분기하는 경우, 아래와 같은 $S_{u1}$ 내지 $S_{u4}$ 단계를 거쳐 $S_5$ 단계로 이행하여 붐을 이동시킨후 $S_4$ 단계로 돌아가 조이스틱 입력 감지 및 붐 제어/이동을 반복한다.

[0094] 붐업프로세스수행단계로 분기됨을 인식하는 제1분기인식단계($S_{u1}$)

[0095] 붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제1계측값을 인식하는 제1조건로딩단계($S_{u2}$)

[0096] 엔진등효율선도와 제1계측값 기반 최적 토크/회전속도를 결정하는 붐업효율계산단계($S_{u3}$)

[0097] 상기 결과에 따라 상기 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제1변속기제어단계($S_{u4}$)

[0099] $S_4$ 단계에서 붐다운프로세스수행단계로 분기하는 경우, 아래와 같은 $S_{d1}$ 내지 $S_{d4}$ 단계를 거쳐 $S_5$ 단계로 이행하

여 붐을 이동시킨후 $S_4$ 단계로 돌아가 조이스틱 입력 감지 및 붐 제어/이동을 반복한다.

[0100] 붐다운프로세스수행단계로 분기됨을 인식하는 제2분기인식단계($S_{d1}$)

[0101] 붐 단부의 부하 질량을 계측하여 제2계측값을 인식하는 제2조건로딩단계($S_{d2}$)

[0102] 전기 모터/발전기의 발전 등효율선도와 제2계측값 기반 최적 토크/회전속도를 결정하는 붐다운효율계산단계($S_{d3}$)

[0103] 상기 결과에 따라 상기 무단변속기를 최적 감속비로 제어하는 제2변속기제어단계($S_{d4}$)

[0105] 이상 도 1 내지 도 8을 참조하여 설명한 본 발명의 기술적 사상에 따른 바람직한 일 실시예의 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인 시스템 및 그 제어 방법에 의하면, 무단변속기의 적용으로, 붐 업 과정에서 붐에 작용하는 부하에 따라 최대 효율을 낼 수 있는 토크와 회전수에 맞추어 감속할 수 있고, 붐 다운 과정에서 발생하는 에너지를 최대 효율로 전력으로 전환하여 저장 및 재사용 할 수 있는 하이브리드 유압굴삭기 시스템의 파워트레인을 제공할 수 있게 된다.

[0107] 또한, 본 발명의 기술적 사상에 따른 바람직한 일 실시예의 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인은, 무단변속기(9)의 풀리 및 전기 모터/발전기(6)를 포함한 전기전자적 신호를 통하여 제어되는 구성요소들을 제어하기 위하여 제어부(미도시)를 포함하고 있다.

[0108] 상기 제어부의 주요 기능을 예로 들면, 엔진 또는 전기 모터/발전기의 등효율선도와 부하의 제1,제2계측값에 의하여 상기 엔진 또는 전기 모터/발전기가 최대 효율을 낼 수 있도록 최적 토크와 회전 속도를 결정하고, 상기 엔진 또는 전기 모터/발전기가 상기 최적 토크와 회전 속도로 동작하도록 무단변속기(9)의 속도비(감속비)를 제어하는 것을 예로 들 수 있다.

[0110] 또한, 본 발명의 기술적 사상에 따른 바람직한 일 실시예의 무단변속기를 이용한 하이브리드 유압굴삭기의 혁신적인 효율 개선 파워트레인은 각 구성요소 사이의 결합력을 공고히 하기 위하여, 도면에 포함되지 않은 나사, 볼트와 같은 결합을 위한 부재가 더 포함되거나 상세한 설명에 기재되지 않은 용접 등의 결합 방법이 이용될 수 있다.

[0112] 한편, 본 명세서와 도면에는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

## *부호의 설명*

[0114] 1 : 엔진 10 : 더블클러치

2 : 싱글클러치 11 : 전자비례감압밸브

3 : 유성기어 12 : 유압펌프

4 : 싱글클러치 13 : 탱크

5 : 싱글클러치 14 : 제1 방향제어밸브

6 : 전기 모터/발전기 15 : 붐실린더

7 : 인버터/컨버터 16 : 제2 방향제어밸브

8 : 배터리　　17 : 유압모터

9 : 무단변속기　　18 : 체크밸브

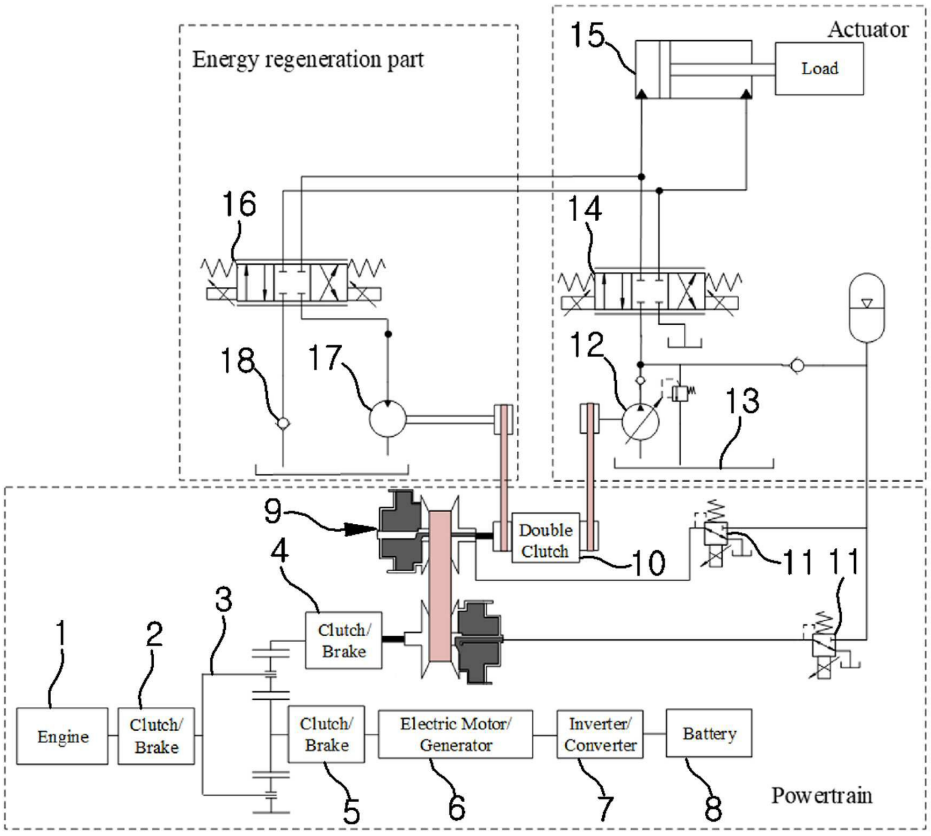
44 : 입력샤프트　　42 : 출력샤프트

Red line : 고압유동　　Blue line : 저압유동

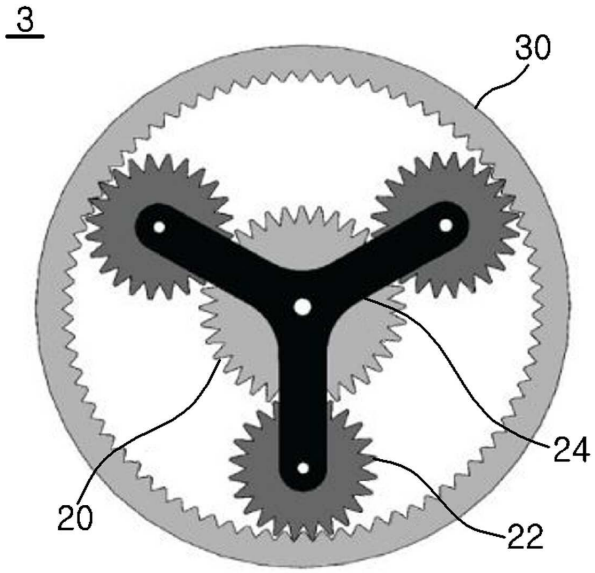
Green line : 동력　　Yellow line : 전력

## 도면

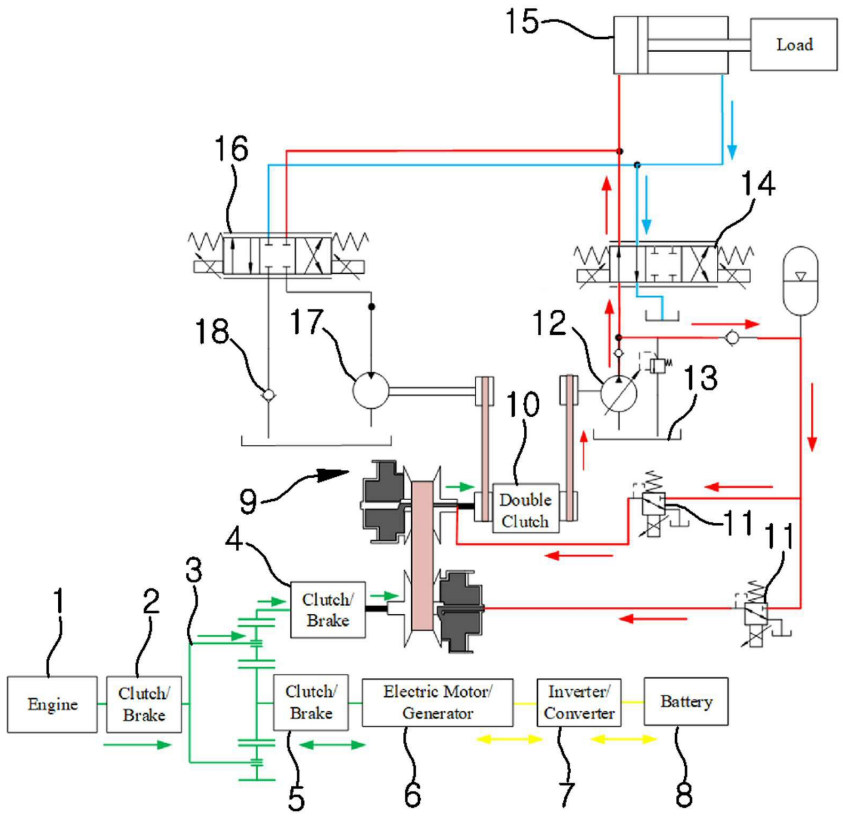
### 도면1



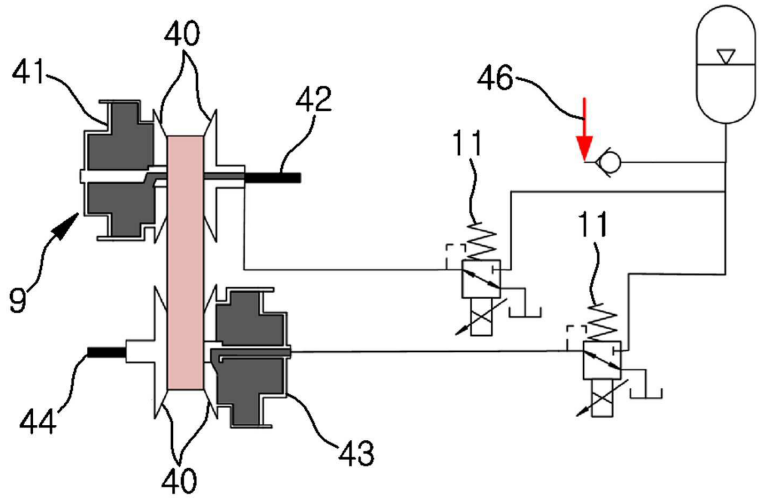
도면2


3
30
24
20
22

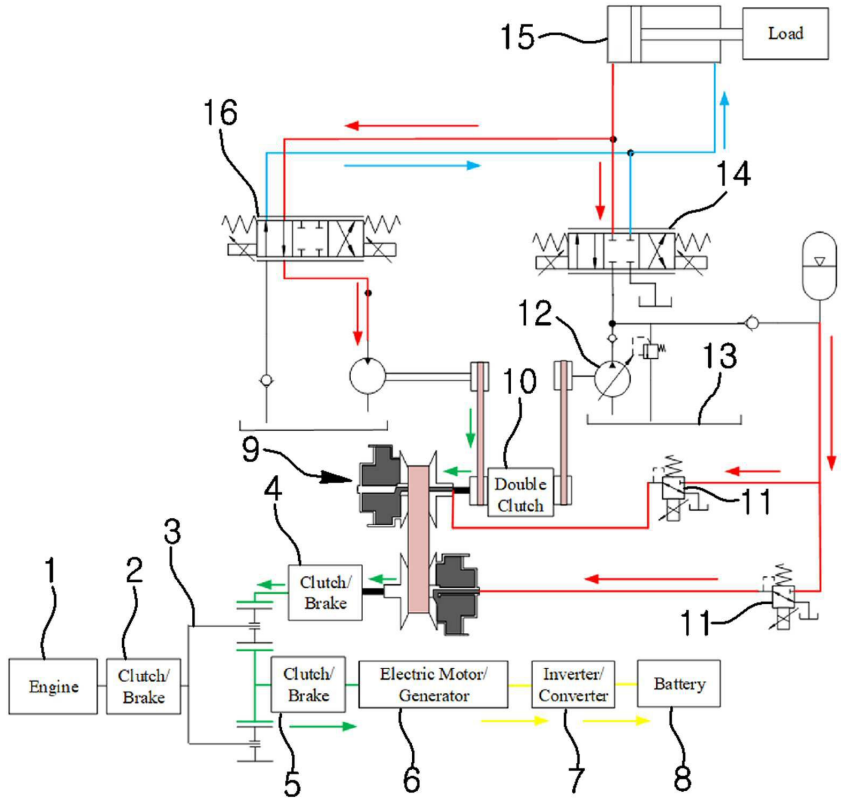
도면3


15
Load
16
14
18
17
12
13
10
9
Double Clutch
11
11
4
3
Clutch/ Brake
1
2
Engine
Clutch/ Brake
Clutch/ Brake
Electric Motor/ Generator
Inverter/ Converter
Battery
5
6
7
8

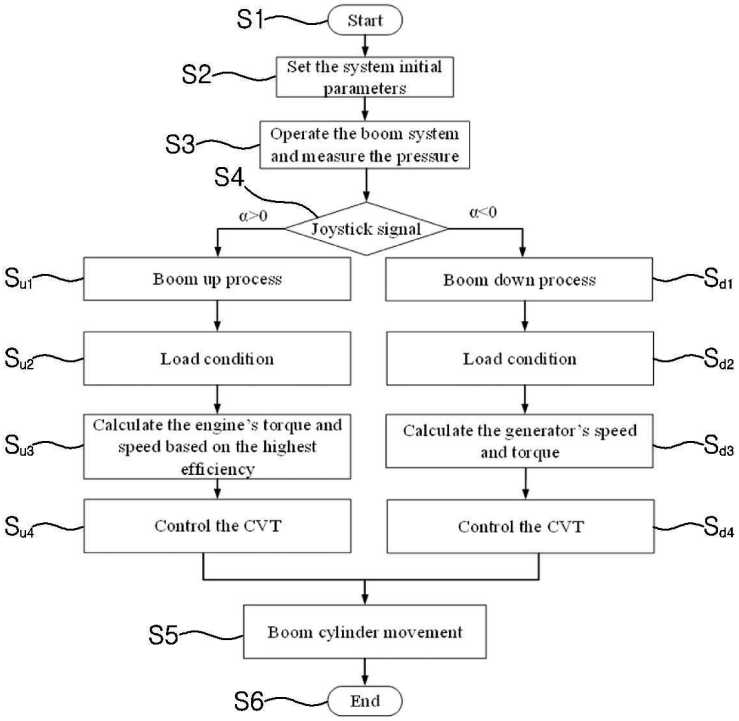
도면4


40
41
42
46
11
11
9
44
43
40

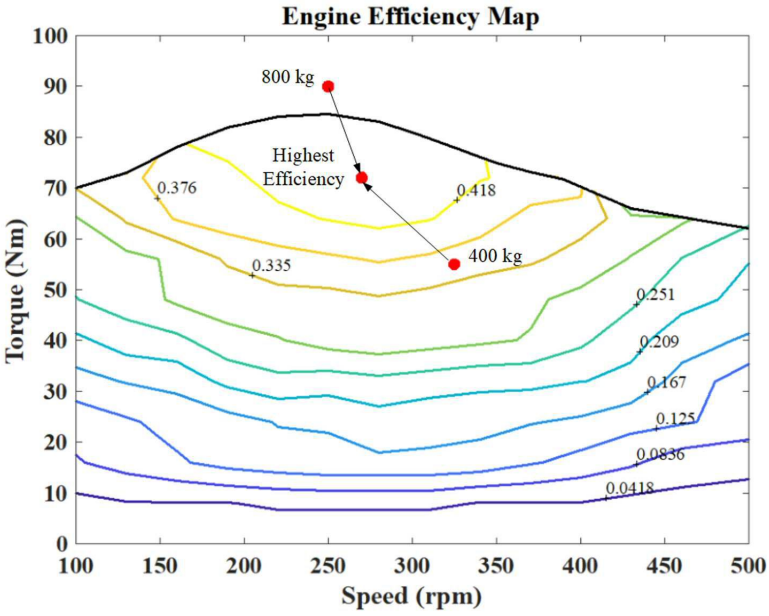
도면5


15
Load
16
14
12
13
10
9
Double Clutch
4
11
3
1
2
Clutch/ Brake
11
Engine
Clutch/ Brake
Clutch/ Brake
Electric Motor/ Generator
Inverter/ Converter
Battery
5
6
7
8

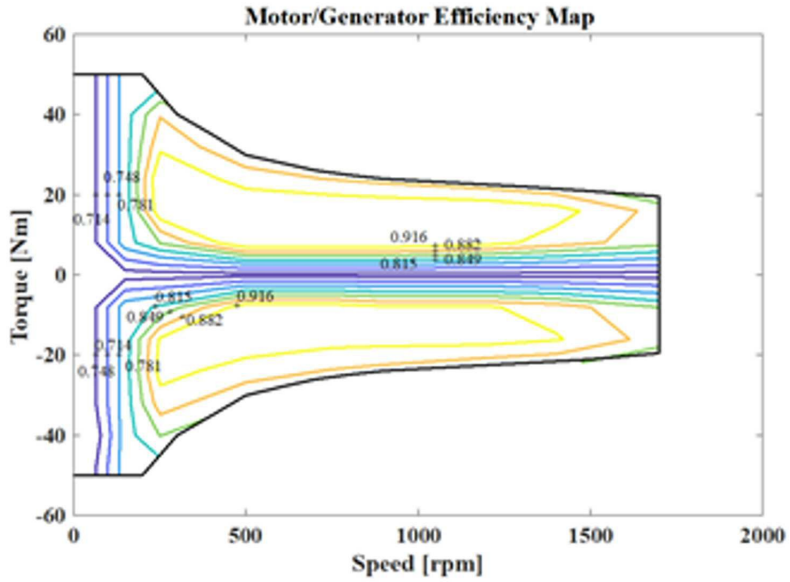
도면6


S1
Start
S2
Set the system initial parameters
S3
Operate the boom system and measure the pressure
S4
Joystick signal
α>0
α<0
Su1
Boom up process
Boom down process
Sd1
Su2
Load condition
Load condition
Sd2
Su3
Calculate the engine's torque and speed based on the highest efficiency
Calculate the generator's speed and torque
Sd3
Su4
Control the CVT
Control the CVT
Sd4
S5
Boom cylinder movement
S6
End

도면7


Engine Efficiency Map
800 kg
Highest Efficiency
400 kg
0.376
0.418
0.335
0.251
0.209
0.167
0.125
0.0836
0.0418
Torque (Nm)
Speed (rpm)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
150
200
250
300
350
400
450
500

도면8


Motor/Generator Efficiency Map
Torque [Nm]
Speed [rpm]
60
40
20
0
-20
-40
-60
0
500
1000
1500
2000
0.748
0.781
0.714
0.916
0.882
0.849
0.815