



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0048862
(43) 공개일자 2008년06월03일

(51) Int. Cl.

B25J 18/00 (2006.01) *B25J 9/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0119348

(22) 출원일자 2006년11월29일

심사청구일자 2006년11월29일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

송재복

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 기계공학과

김병상

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 기계공학과

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

홍동우

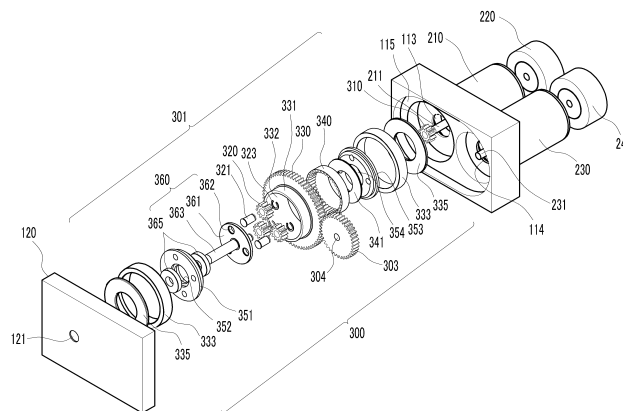
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 더블 액츄에이터 유닛, 이를 구비하는 더블 액츄에이터장치 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은, 하우징부; 상기 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전각을 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하고, 상기 하우징부에 장착되는 구동부; 및 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 연결되는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 연결되고 상기 위치 기어부와 외접하는 강성 기어부를 가지며, 상기 출력축에 동력을 제공하는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛, 이를 구비하는 장치 및 이의 제어 방법을 제공한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

박정준

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 기계공학과

박신석

경기 성남시 분당구 정자동 로얄팰리스 A동 1204호

특허청구의 범위

청구항 1

하우징부;

상기 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전각을 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하고, 상기 하우징부에 장착되는 구동부; 및

상기 위치 구동기의 위치 구동축과 연결되는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 연결되고 상기 위치 기어부와 외접하는 강성 기어부를 가지며, 상기 출력축에 동력을 제공하는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 강성 기어부의 회동을 단속하기 위한 강성 기어 클러치부가 더 구비되는 것을 특징으로 하는 더블 액츄에이터 유닛.

청구항 3

하우징부; 상기 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전 상태를 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하고, 상기 하우징부에 장착되는 구동부; 및 상기 출력축과 상호 연동하고, 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 맞물리는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 맞물리는 강성 기어부를 갖는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛과,

상기 위치 구동기 엔코더 및 상기 강성 구동기 엔코더로부터 측정 신호를 입력받아 처리 가능한 신호로 변환하는 신호 처리부와,

상기 신호처리부로부터의 신호에 기초하여 연산 비교하고 목표 토크를 연산하는 비교 연산부와,

상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기에 대한 초기값을 저장하고, 상기 비교 연산부로부터 연산된 목표 토크를 저장하는 저장부와,

상기 비교 연산부와 상기 저장부와 소통되며, 상기 비교 연산부의 비교 연산 결과에 따라 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기의 작동 신호를 생성하여 전달하는 제어부를 구비하는 더블 액츄에이터 장치.

청구항 4

하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전 상태를 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하는 구동부; 그리고 상기 출력축과 상호 연동하고, 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 맞물리는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 맞물리는 강성 기어부를 갖는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛과, 신호처리부와, 비교 연산부와, 저장부와, 그리고 제어부를 구비하는 더블 액츄에이터 장치를 제공하는 초기화 단계;

상기 저장부에 저장된 초기값 및 상기 출력축의 목표 출력축 회전각을 이용하여 상기 제어부가 상기 위치 구동기에 위치 구동 제어 신호를 인가하는 위치 구동 제어 신호 인가 단계;

상기 강성 구동기 엔코더가 상기 강성 구동기의 강성 구동축 회전각을 감지하는 강성 구동축 회전각 감지 단계;

상기 강성 구동축 회전각에 따라 상기 강성 구동기를 제어하는 강성 구동기 제어 단계;

상기 위치 구동기 엔코더 신호로부터 상기 출력축의 회전각이 상기 목표 출력축 회전각을 비교 판단하는 출력축 회전각 비교 판단 단계;를 포함하는 더블 액츄에이터 장치 제어 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <23> 본 발명은 액추에이터 유닛에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 위치 제어 및 강성 제어를 달성할 수 있는 간단한 구조의 액추에이터 유닛, 이를 구비하는 장치 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.
- <24> 로봇은 실용 방안의 지속적인 연구로 인하여 산업용으로서 뿐만 아니라 청소 로봇과 같은 일상 생활용으로서도 사용되며 실생활에서도 차지하는 비중이 점점 커지고 있으나, 산업용으로 일반화된 형태의 로봇은 아암 타입의 로봇 머니플레이터인데, 통상적으로 산업 현장에서 사용되는 로봇 머니플레이터의 운동은 자유 공간에서 이루어지는 자유 운동과 외부 환경과 접촉을 유지한 상태에서 이루어지는 접촉 운동으로 분류할 수 있으며, 로봇 머니플레이터의 자유 운동과 접촉 운동시 로봇 머니플레이터의 운동의 질을 결정하는 요소로 위치 정확도를 들 수 있다. 이와 같은 로봇 머니플레이터의 운동에 의하여 원하는 위치로의 이동시, 목표 위치로 정확하게 이동하는 위치 정확도를 높이기 위해서는 로봇 머니플레이터의 강성이 커야 한다.
- <25> 하지만, 로봇 머니플레이터의 강성을 증대시킬 경우, 위치 정확도를 높이는 데는 유효하지만 다른 부작용을 수반한다. 예를 들어, 자유 운동 중 외부 물체와의 갑작스런 충돌이 발생하거나 또는 접촉 운동시에, 높은 강성으로 인하여 외부 물체 및/또는 외부 환경의 손상 내지 파손을 유발한다. 특히, 갑작스런 충돌의 대상이 작업자 등의 사람인 경우 인명 사고를 일으킬 수도 있다는 점에서 강성의 증대는 심각한 결과를 초래할 수도 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 로봇 머니플레이터의 정확한 강성 제어(힘제어)가 요망된다.
- <26> 종래 기술에 따른 로봇 머니플레이터는, 자유 운동시의 갑작스러운 충돌이나 지속적인 접촉 운동시 소기의 위치 제어를 달성하고 외부 환경에 손상 내지 상해를 최소화시키기 위하여 로봇 머니플레이터의 단부에 힘/토크 센서를 구비하여 강성 제어를 구현하였다.
- <27> 하지만, 이와 같은 종래 기술에 따른 로봇 머니플레이터에 구비되는 힘/토크 센서는 고가의 장비로서 장치의 생산 원가를 현저하게 증대시킬 뿐만 아니라, 이와 같은 힘/토크 센서를 통한 힘/토크 제어의 구현은 복잡한 알고리즘을 수반하여 제어 시간을 증대시킴으로써, 상기 자유 운동시 갑작스런 충돌의 대상이 사람인 경우 상당한 상해를 초래할 수도 있다는 문제점이 야기되었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <28> 따라서, 본 발명은 전술한 문제점들을 해결하기 위한 것으로, 간단한 구조로 저렴한 생산을 가능하게 하고 우수한 응답성을 지니는 더블 액추에이터 유닛, 이를 구비하는 더블 액추에이터 장치 및 이의 제어 방법을 제공함을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <29> 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 하우징부; 상기 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전각을 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하고, 상기 하우징부에 장착되는 구동부; 및 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 연결되는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 연결되고 상기 위치 기어부와 외접하는 강성 기어부를 가지며, 상기 출력축에 동력을 제공하는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액추에이터 유닛을 제공한다.
- <30> 상기 더블 액추에이터 유닛에 있어서, 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기는 상기 하우징부에 고정 장착되고, 상기 위치 기어부는: 상기 위치 구동축과 직결되는 선기어와, 상기 강성 기어부와 외측에서 맞물리는 외측 링기어와, 상기 외측 링기어의 내측에 배치되는 내측 링기어와, 상기 선기어 및 상기 내측 링기어에 각각 외접하도록 배치되는 두 개 이상의 유성 기어와, 상기 유성 기어가 회동 가능하게 연결되고 상기 선기어와 동일 축선 상에 배치되는 캐리어 샤프트를 갖는 캐리어를 구비하며, 상기 강성 기어부는 상기 외측 링기어와 맞물리는 평기어일 수도 있고, 상기 캐리어 샤프트는 상기 출력축과 동축일 수도 있으며, 상기 강성 기어부의 회동을 단속하기 위한 강성 기어 클러치부가 더 구비될 수도 있다.
- <31> 또한, 상기 기어 클러치부는: 상기 하우징부 내부에 배치되는 클러치 솔레노이드와, 상기 클러치 솔레노이드에

의하여 상기 강성 기어부로 이동 가능하고 상기 강성 기어부를 향한 측면으로 상기 강성 기어부와 맞물리는 기어 이를 구비하는 클러치 랙과, 상기 하우징부 내부에 형성되고 상기 클러치 랙의 이동을 안내하기 위한 클러치 가이드를 구비할 수도 있고, 상기 기어 클러치부는 상기 강성 기어부와 맞물리는 강성 기어 이를 구비하고 상기 강성 기어부 측으로 이동 가능한 클러치 기어와, 외주에 나사산이 형성되어 상기 클러치 기어와 맞물리도록 상기 클러치 기어를 관통하여 일단이 상기 하우징부에 회동 가능하게 배치되는 클러치 스크류와, 상기 하우징부에 고정 배치되고 상기 클러치 기어의 이동을 가능하게 상기 클러치 기어에 관통 배치되는 클러치 기어 가이드와, 상기 클러치 스크류와 연결되어 상기 클러치 스크류를 회동시키는 클러치 모터를 구비할 수도 있다.

<32> 또한, 상기 기어 클러치부는: 상기 강성 기어부와 맞물리는 강성 기어 이를 구비하고 일단은 상기 하우징부에 회동 가능하게 장착되고 타단은 클러치 기어 이를 구비하는 클러치 기어와, 일단은 상기 하우징부에 회동 가능하게 장착되고 외주면에서 상기 클러치 기어 이와 맞물리는 클러치 스크류, 상기 클러치 스크류에 회동력을 제공하는 클러치 모터를 구비할 수도 있고, 기어 클러치부는: 상기 강성 기어부와 맞물리는 강성 기어 이를 구비하고 일단은 상기 하우징부에 회동 가능하게 장착되는 클러치 기어와, 일단은 상기 하우징부에 타단은 상기 클러치 기어의 타단에 연결되는 클러치 기어 탄성 부재와, 상기 클러치 기어의 일측과 접하여 상기 클러치 기어를 회동시키는 클러치 캠과, 상기 클러치 캠에 회전력을 제공하는 클러치 모터를 구비할 수도 있다.

<33> 상기 더블 액츄에이터 유닛에 있어서, 상기 하우징부와 상기 강성 구동기 사이에는 강성 구동기 장착 베어링이 구비되고, 상기 강성 구동기는 상기 강성 구동기 장착 베어링을 통하여 회동 가능하게 상기 하우징부에 배치되고, 상기 위치 기어부 및 상기 강성 기어부는 서로 외접하는 각각의 평기어일 수 있고, 상기 출력축은 상기 강성 구동축과 동축일 수도 있다.

<34> 본 발명의 다른 일면에 따르면, 하우징부; 상기 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전 상태를 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하고, 상기 하우징부에 장착되는 구동부; 및 상기 출력축과 상호 연동하고, 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 맞물리는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 맞물리는 강성 기어부를 갖는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛과, 상기 위치 구동기 엔코더 및 상기 강성 구동기 엔코더로부터 측정 신호를 입력받아 처리 가능한 신호로 변환하는 신호 처리부와, 상기 신호처리부로부터의 신호에 기초하여 연산 비교하고 목표 토크를 연산하는 비교 연산부와, 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기에 대한 초기값을 저장하고, 상기 비교 연산부로부터 연산된 목표 토크를 저장하는 저장부와, 상기 비교 연산부와 상기 저장부와 소통되며, 상기 비교 연산부의 비교 연산 결과에 따라 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기의 작동 신호를 생성하여 전달하는 제어부를 구비하는 더블 액츄에이터 장치를 제공한다.

<35> 또한, 본 발명의 또 다른 일면에 따르면, 하우징부를 관통하여 배출되는 출력축의 위치 제어를 위한 위치 구동기 및 강성 제어를 위한 강성 구동기와 상기 위치 구동기 및 상기 강성 구동기 각각의 회전 상태를 측정하는 위치 구동기 엔코더 및 강성 구동기 엔코더를 구비하는 구동부; 그리고 상기 출력축과 상호 연동하고, 상기 위치 구동기의 위치 구동축과 맞물리는 위치 기어부 및 상기 강성 구동기의 강성 구동축과 맞물리는 강성 기어부를 갖는 기어 트레인;을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛과, 신호처리부와, 비교 연산부와, 저장부와, 그리고 제어부를 구비하는 더블 액츄에이터 장치를 제공하는 초기화 단계; 상기 저장부에 저장된 초기값 및 상기 출력축의 목표 출력축 회전각을 이용하여 상기 제어부가 상기 위치 구동기에 위치 구동 제어 신호를 인가하는 위치 구동 제어 신호 인가 단계; 상기 강성 구동기 엔코더가 상기 강성 구동기의 강성 구동축 회전각을 감지하는 강성 구동축 회전각 감지 단계; 상기 강성 구동축 회전각에 따라 상기 강성 구동기를 제어하는 강성 구동기 제어 단계; 상기 위치 구동기 엔코더 신호로부터 상기 출력축의 회전각이 상기 목표 출력축 회전각을 비교 판단하는 출력축 회전각 비교 판단 단계;를 포함하는 더블 액츄에이터 장치 제어 방법을 제공한다.

<36> 상기 더블 액츄에이터 장치 제어 방법에 있어서, 상기 강성 구동기 제어 단계는: 상기 강성 구동축 회전각과 사전 설정 강성 구동축 회전각을 비교하는 단계; 상기 강성 구동축 회전각이 상기 사전 설정 강성 구동축 회전각과 상이한 경우, 상기 강성 구동축 각속도가 사전 설정 강성 구동축 각속도를 비교하는 단계; 상기 강성 구동축 각속도가 상기 사전 설정 강성 구동축 각속도 이하인 경우, 상기 저장부에 저장되는 강성 구동기 강성 계수와 상기 강성 구동축 회전각으로부터 상기 강성 구동축에 가해지는 추정 토크를 연산하는 단계; 상기 추정 토크와 사전 설정 목표 토크를 비교 판단하는 단계; 상기 추정 토크와 상기 사전 설정 목표 토크와의 차이가 사전 설정 오차 이하인 경우, 상기 강성 구동기 강성 계수와 상기 강성 구동축 회전각으로부터 상기 강성 구동기에 인가되는 강성 구동 제어 신호를 연산하고 상기 강성 구동기에 인가하는 단계; 상기 강성 구동축 회전각 감지 단계로 복귀하는 단계;를 구비하고, 상기 추정 토크와 상기 사전 설정 목표 토크와의 차이가 사전 설정 오차보다 큰 경우, 상기 강성 구동기 강성 계수와 상기 강성 구동축 회전각으로부터 상기 강성 구동기에 인가되는 강성 구동

제어 신호를 연산하기 전에 상기 강성 구동기 강성 계수를 보정하는 단계를 더 구비할 수도 있다.

- <37> 또한, 상기 강성 구동축 각속도가 상기 사전 설정 강성 구동축 각속도보다 큰 경우, 상기 저장부에 저장된 강성 구동기 강성 계수 및 안전 계수와 상기 강성 구동축 회전각으로부터 새로운 강성 구동기 강성 계수를 연산하는 단계; 상기 새로운 강성 구동기 강성 계수와 상기 강성 구동축 회전각으로부터 상기 강성 구동기에 인가되는 강성 구동 제어 신호를 연산하는 단계; 상기 강성 구동축 회전각 감지 단계로 복귀하는 단계;를 구비할 수도 있다.
- <38> 상기 더블 액츄에이터 장치 제어 방법에 있어서, 상기 출력축의 회전각이 상기 목표 출력축 회전각이 동일하지 않은 경우, 상기 출력축의 회전각을 측정하고, 상기 위치 구동기의 새로운 위치 구동 제어 신호를 연산한 후, 상기 위치 구동 제어 신호 인가 단계로 복귀될 수도 있다.
- <39> 이하에서는 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛 및 이를 구비하는 더블 액츄에이터 장치와 이의 제어 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다.
- <40> 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 더블 액츄에이터 유닛(10)이 도시되어 있고, 도 2에는 도 1의 더블 액츄에이터 유닛(10)에 대한 개략적인 분해 사시도가 도시되어 있고, 도 3에는 도 1의 더블 액츄에이터 유닛(10)에 대한 개략적인 단면도가 도시되어 있으며, 도 4에는 더블 액츄에이터 유닛(10)의 일부 구성요소에 대한 개략적인 분해 사시도가 도시되어 있다. 더블 액츄에이터 유닛(10)은 하우징부(100)와, 구동부(200)와, 기어 트레인(300)을 구비한다.
- <41> 하우징부(100)는 하우징 케이스(110)와 하우징 커버(120)를 구비하는데, 하우징 커버(120)는 하우징 케이스(110)의 개방된 일면을 밀폐시킨다. 하우징 케이스(110)의 일면에 장착되는 하우징 커버(120)에는 하기되는 구동부로부터 생성되는 동력을 전달하기 위한 기어 트레인의 출력축(11)을 배출하기 위한 기어 트레인 출력축 관통구(121)가 구비된다. 하우징부(100)에는 하기되는 구동부(200) 및 기어 트레인(300)이 배치된다. 하우징 케이스(110)와 하우징 커버(120)를 체결시키기 위한 볼트 등과 같은 별도의 체결 수단을 더 구비하거나 하우징 케이스 및 하우징 커버의 어느 일측에 돌출 형성되는 돌출 돌기와 이와 맞물리는 돌출 돌기 수용부를 구비하는 등 다양한 구성이 가능하다. 또한, 하우징부(100)는 두 개의 탈착 가능한 구조의 하우징 케이스(110)와 하우징 커버(120)를 구비하는 것으로 구성되었으나, 본 발명에 따른 하우징부(100)가 이에 국한되는 것은 아니다.
- <42> 구동부(200)는 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)를 구비하는데, 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)는 하우징부(100)에 배치된다. 즉, 하우징부(100)의 하우징 케이스(110)의 일면에는 위치 구동기(210)를 장착하기 위한 위치 구동기 장착부(111)와 강성 구동기(230)를 장착하기 위한 강성 구동기 장착부(112)가 구비되는데, 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)는 각각의 위치 구동기 장착부(111)와 강성 구동기 장착부(112)에 배치된다. 각각의 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)는 위치 구동축(211, 도 2 참조)와 강성 구동축(231, 도 2 참조)를 구비하는 회전 모터로 구현되는데, 위치 구동축(211)은 하우징 케이스(110)의 위치 구동축 관통구(113)를 관통하여 배치되고 강성 구동축(231)은 하우징 케이스(110)의 강성 구동축 관통구(114)를 관통하여 배치된다. 본 실시예에서 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)는 하우징부(100)의 하우징 케이스(110)에 고정 장착된다. 위치 구동기(210)와 강성 구동기(230)는 AC 모터일 수도 있고 DC 또는 BLDC 모터 등으로 구성될 수도 있는 등 요구되는 사양의 동력을 생성하는 범위에서 다양한 구성을 취할 수 있다.
- <43> 구동부(200)는 위치 구동기 엔코더(220)와 강성 구동기 엔코더(240)를 더 구비하는데, 위치 구동기 엔코더(220)는 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)의 회전각을 감지(검출)하고 강성 구동기 엔코더(240)는 강성 구동기(230)의 강성 구동축(231)의 회전각을 감지(검출)한다. 본 발명의 더블 액츄에이터 유닛(10)에 구비되는 위치 구동기 엔코더(220)와 강성 구동기 엔코더(240)는 위치 센서로서의 통상적인 회전 증가형 엔코더로 구현될 수 있다. 여기서 명확하게 도시되지는 않았으나, 위치 구동기 엔코더(220)와 강성 구동기 엔코더(240)로부터 검출된 회전각 신호는 신호 라인을 따라 후술되는 신호 처리부 등으로 전달된다.
- <44> 기어 트레인(300)은 하우징부(100)의 하우징 케이스(110)와 하우징 커버(120)에 의하여 형성되는 공간에 배치되는데, 구동부(200)와 연결되어 하우징부(100)로부터 배출되는 출력축(11)을 통하여 구동부(200)로부터 생성된 동력을 출력축(11)으로 전달한다. 기어 트레인(300)의 내부 기어비가 적절하게 선택됨으로써, 기어 트레인(300)은 출력축(11)의 회전 속도가 구동부(200)의 회전속도보다 작게 되는 감속기로서의 기능을 수행한다.
- <45> 기어 트레인(300)은 위치 구동기와 연결되는 위치 기어부(301) 및 강성 구동기와 연결되는 강성 기어부(303)를 구비한다. 도 2 내지 도 4에는 유성 기어 장치로서 구현된 위치 기어부(301)를 구비하는 더블 액츄에이터 유닛(10)이 도시되어 있다. 위치 기어부(301)는 선기어(310), 유성 기어(320), 내접 링 기어(340), 외접 링 기어

(330), 캐리어(360) 등을 구비한다.

- <46> 선기어(310)는 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)과 직결되어 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)이 회전함에 따라 선기어(310)도 위치 구동기(210)와 동축 선상에서 회전한다. 외접 링 기어(330)는 위치 구동축(211) 및 선기어(310)와 동축 선상에 배치되는데, 외접 링 기어(330)의 외주 상에는 치열이 배치되고 중심에는 외접 링 기어 관통구(332)가 구비되며 외접 링 기어(330)의 양면에는 외접 링 기어(330)의 회전축 방향으로 연장 형성되는 외접 링 기어 연장부(331)이 배치된다. 내접 링 기어(340)는 내주 상에 치열이 형성되고 선 기어(310)와 동축 선상에 배치되는데 외접 링 기어 관통구(332)에 억지 끼워 맞춤 등을 통하여 서로 상대 회전 운동을 이루지 않도록 고정 장착될 수 있다. 여기서 외접 링 기어(330)와 내접 링 기어(340)는 별개의 구성 요소로 구성되었으나, 일체로 형성되는 구조를 취할 수도 있다.
- <47> 두 개 이상의 유성 기어(320)는 선기어(310)와 외접하고 내접 링 기어(340)와 내접하도록 배치된다. 여기서 유성 기어(320)는 세 개가 구비되는 것으로 도시되었으나 유성 기어(320)의 개수가 이에 한정되는 것은 아니다. 캐리어(360)는 선기어(310)와 동축 선상에 배치되는 캐리어 샤프트(363)를 구비하는데, 캐리어(360)에는 유성 기어(320)가 회동 가능하게 장착된다. 즉, 캐리어(360)는 캐리어 플레이트(361)와 캐리어 샤프트(363)를 구비하는데, 캐리어 샤프트(363)는 캐리어 플레이트(361)의 일면으로 캐리어 플레이트(361)의 회전 중심에 장착된다. 캐리어 플레이트(361)에는 구비되는 유성 기어(320) 개수만큼의 핀 장착구(362)가 형성되고, 유성 기어핀(321)은 캐리어 플레이트(361)의 핀 장착구(362) 및 유성 기어(320)를 관통하여 유성 기어(320)가 회동 가능하도록 캐리어 플레이트(361)에 배치된다.
- <48> 제 1 고정 플레이트(351)와 제 2 고정 플레이트(353)는 외접 링 기어(330)의 각각의 일면으로부터 연장 형성된 외접 링 기어 연장부(331)의 단부에 장착되는데, 제 1 고정 플레이트(351), 제 2 고정 플레이트(353) 및 외접 링 기어(330)에 의하여 형성되는 공간에는 캐리어 플레이트(361), 유성 기어(320) 및 내접 링 기어(340) 등이 배치된다. 제 1 고정 플레이트(351)는 캐리어 샤프트(363)의 관통을 허용하는 제 1 고정 플레이트 관통구(352)가 구비되고, 제 2 고정 플레이트(353)는 위치 구동축(211) 및 선기어(310)의 관통을 허용하는 제 2 고정 플레이트 관통구(354)가 구비된다. 캐리어 샤프트(363)의 축방향으로 제 1 고정 플레이트(351)의 전후로는 제 1 고정 플레이트(351)를 관통하여 배치되는 캐리어 샤프트(363)를 지지하고 회동을 원활하게 하기 위한 캐리어 샤프트 베어링(365)이 더 구비될 수 있다. 또한, 제 1 고정 플레이트(351), 제 2 고정 플레이트(353) 및 외접 링 기어(330)의 외접 링 기어 관통구(332) 등에 의하여 형성되는 공간에 배치되는 유성 기어(320)의 위치 이탈을 방지하여 유성 기어(320)의 자전 및 공전이 원활하게 이루어질 수 있도록 각각의 유성 기어(320)의 일측에는 유성 기어 스냅 링(323)이 더 구비될 수도 있고, 외접 링 기어(330)의 외접 링 기어 관통구(332)에 삽입 배치되는 내접 링 기어(340)와 유성 기어(320)의 원활한 운동을 허용하는 내접 링 기어 와셔(341)가 더 구비될 수도 있다.
- <49> 외접 링 기어(330)로부터 연장 형성된 외접 링 기어 연장부(331)의 외주 상에는 외접 링 기어 베어링(333)이 배치되고 외접 링 기어 베어링(333)의 외측에는 외접 링 기어 베어링(333)을 포함한 위치 기어부의 회동을 원활하게 하기 위한 외접 링 기어 와셔(335)가 더 배치될 수 있다.
- <50> 한편, 강성 기어부는 강성 구동기(230)의 강성 구동축(231)과 연결된다. 강성 기어부(303)는 평기어로 구성되고, 평기어로서의 강성 기어부(303)는 외접 링 기어(330)와 외접한다. 여기서, 강성 기어부(303)는 단일의 평기어로 구성되었으나, 본 발명의 강성 기어부는 이에 국한되지 않고 기어비를 맞추거나 위치 구동기와 강성 구동기의 배치 위치가 이격되어 추가적인 기어가 요구되는 경우 등과 같이 설계 사양에 따라 복수 개의 기어로 구성될 수도 있다.
- <51> 위치 기어부(301)와 강성 기어부(303)를 구비하는 기어 트레인(300)은 하우징부(100)의 하우징 케이스(110)에 형성된 기어 트레인 장착부(115)와 하우징 커버(120)에 형성된 기어 트레인 장착부(125, 도 3 참조)에 장착된다.
- <52> 캐리어 샤프트(363)는 출력축과 동일 축선을 이룰 수도 있는데, 본 실시예에서 캐리어 샤프트(363)와 출력축(11)은 동일한 축으로 구성된다. 즉, 캐리어(360)의 캐리어 샤프트(363)는 하우징 커버(120)에 형성된 출력축 관통구(121)를 통하여 배출되고, 캐리어 샤프트(363)에 의하여 로봇 아암 등과 같은 회동 링크(미도시) 등에 동력을 전달한다. 하지만, 본 발명이 이와 같은 구성에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 하우징부(100)에는 출력축 관통구(121)를 관통하여 배치되는 별도의 출력축이 구비되고, 출력축과 캐리어 샤프트(363)는 서로 평행한 축선 상에 배치되어 하우징부(100)의 내부에 배치되는 회동 기어를 통하여 서로 맞물리어 연동되는 구조를 취할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

- <53> 본 발명은 상기한 더블 액츄에이터 유닛을 구비하는 더블 액츄에이터 장치(1)는, 도 5에 도시된 바와 같이 더블 액츄에이터 유닛(10)과, 신호 처리부(20)와, 제어부(30)와, 비교 연산부(40)와, 저장부(50)를 구비한다. 신호 처리부(20)는 더블 액츄에이터 유닛(10)의 위치 구동기(210) 및 강성 구동기(230)의 회전각을 검출하는 위치 구동기 엔코더(220) 및 강성 구동기 엔코더(240)로부터 전기적 신호를 전달받아 신호 처리하여 이를 제어부(30)로 전달하고, 제어부(30)로부터 전달된 위치 구동 제어 신호와 강성 구동 제어 신호를 각각 위치 구동기(210) 및 강성 구동기(230)에 전달한다.
- <54> 제어부(30)는 신호 처리부(20) 및 저장부(50)와 전기적 소통을 이루어, 신호 처리부(20)로부터 측정된 위치 구동기 및 강성 구동기의 신호 처리된 회전각 신호를 비교 연산부(40)로 전달하고 비교 연산부(40)로부터 비교 및 연산된 값과 저장부(50)에 저장된 사전 설정값을 신호 처리부(20)로 전달하여 더블 액츄에이터 유닛(10)의 위치 구동기(210) 및 강성 구동기(230)에 제어 신호를 전달한다.
- <55> 비교 연산부(40)는 제어부(30)와 전기적 소통을 이루어 신호 처리부(20)로부터 제어부(30)를 거쳐 전달되는 강성 구동기(230)의 강성 구동축의 회전각(θ_s) 및 강성 구동축 회전각 속도($\dot{\theta}_s$)를 사전 설정된 값과 비교하고 강성 구동기(230)에 대한 추정 토크(T_e) 및 강성 구동기 강성 계수(KSM)을 연산한다.
- <56> 저장부(50)는 위치 구동기(210) 및 강성 구동기(230)에 대한 초기값을 저장한다. 즉, 저장부(50)는 위치 구동기(210) 및 강성 구동기(230)에 대한 각종 계수 및 초기 설정값을 구비하여, 비교 연산부(40)에서의 비교 내지 연산시 해당 값의 인출이 필요한 경우 제어부(30)의 신호에 따라 기저장된 값의 데이터를 제어부(30)의 신호에 따라 비교 연산부(40)로 전달하고, 제어부(30)의 신호에 따라 비교 연산부(40)로부터 연산된 값을 저장한다.
- <57> 이하에서는 도 6 내지 도 10를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 더블 액츄에이터 유닛 및 더블 액츄에이터 장치의 기구적 작동 과정에 대하여 기술한다.
- <58> 도 6에는 본 발명의 일실시예에 따른 더블 액츄에이터 유닛(10)의 작동 상태, 특히 자유 공간에서의 자유 운동 상태를 개략화시킨 개략도가 도시되어 있는데, 여기서 캐리어 플레이트(361)가 삼각형으로 도시하였으나, 이는 설명을 용이하게 하기 위한 것으로 본 발명의 캐리어 플레이트가 도시된 형상에 국한되는 것은 아니다.
- <59> 더블 액츄에이터 유닛(10)의 위치 구동기와 강성 구동기는 기어 트레인을 통하여 연결되는데, 위치 구동기의 위치 구동축과 연결된 선기어(310)의 주위에는 복수 개의 유성기어(320)가 배치되고, 유성기어(320)의 외측에는 유성기어(320)와 내접하는 내접 링기어(340)가 배치되고 내접 링기어(340)의 외측에는 외접 링기어(330)가 배치된다. 여기서, 내접 링기어(340)와 외접 링기어(330)는 설명의 명확성을 위하여 일체로 도시되었으나 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 외접 링기어(330)의 외측에는 강성 기어부(303)가 외접 링기어(330)와 외접하도록 배치되는데, 강성 기어부(303)는 강성 구동축을 통하여 강성 구동기와 연결된다.
- <60> 강성 기어부(303)에는 강성 기어부(303)가 소정의 강성을 지니도록 일정한 토크가 가해질 수 있다. 즉, 제어부(30, 도 5 참조)로부터 신호 처리부(20)를 통하여 위치 구동기(210)로 위치 구동 제어 신호가 인가되어 위치 구동기(210)가 위치 구동 제어 신호에 따라 작동하는 경우, 위치 구동축(211)에 연결된 선기어(310)는 위치 구동축(211)과 함께 회전하는데, 도 6에서 선기어(310)는 일례로서 반시계 방향으로 회전하는 것으로 도시된다. 선기어(310)가 회전하는 경우, 선기어(310)와 외접하는 유성기어(320)는 선기어(310)의 회전력이 전달되어 유성기어(320)는 시계 방향으로 자전하게 되고 유성기어(320)와 맞물린 내접 링기어(340) 및 외접 링기어(330)에도 회전력이 전달된다. 이때, 외접 링기어(330)에 미소 각 변위가 생기는 경우 강성 구동축(231)에도 미소 각 변위가 발생하고, 강성 구동축(231)이 미소 각 변위만큼 회전하는 경우 강성 구동기 엔코더(240)는 이를 감지하고 신호 처리부(20) 및 제어부(30)로 신호를 전달한다.
- <61> 그런 후, 제어부(30)는 비교 연산부(40) 및 저장부(50)와 소통을 이루어, 강성 구동기(230)에 필요한 강성에 해당하는 토크를 제공하는 강성 구동 제어 신호를 전달하고 강성 구동기(230)는 강성 구동 제어 신호에 따라 작동함으로써, 강성 구동축(231)의 회동이 저지된다. 따라서, 기어 트레인(300)의 강성 기어부(303)는 기호적으로 도시된 바와 같이 고정된 평기어로서 작동하고, 강성 기어부(303)와 외접하는 위치 기어부(301)의 외접 링기어(330) 및 내접 링기어(340)의 회전은 제한된다. 외접 링기어(330) 및 내접 링기어(340)의 회전이 제한됨으로써, 내접 링기어(340)와 내접하는 유성기어(320)는 반시계 방향으로의 공전 운동도 함께 수행하고, 복수 개의 유성기어(320)의 중심이 회동가능하게 연결된 캐리어(360)는 유성기어(320)의 공전에 따라 함께 반시계 방향으로 회전한다.

- <62> 그러므로, 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)의 회전은 캐리어(360)의 캐리어 샤프트(363)와 연결되거나 또는 동축으로 구성되는 출력축(11)으로 전달되어 출력축(11)에 연결된 출력 링크(도 7 참조) 등이 원하는 위치로 의 위치 구동 제어가 이루어지게 된다.
- <63> 한편, 도 7에는 위치 구동기(210)의 작동에 의하여 출력축(11)에 연결된 출력 링크(3)가 회동할 때 출력 링크(3)의 회동 영역 내에 외부 물체(R)가 존재하여 출력 링크(3)와 외부 물체(R) 간에 접촉이 일어나는 경우, 즉 외부 환경 및/또는 외부 물체와의 접촉 운동의 경우에 대한 더블 액츄에이터 유닛(10)의 기구적 상태를 도시한다. 또한, 도 8 내지 도 10은 도 7에서 출력축(11)에 연결된 출력 링크(3)가 선 I-I 상에 위치한 상태에서 선 II-II 상으로 이동하도록 제어부(30)로부터 신호 처리부(20)를 거쳐 위치 구동기(210, 도 2 참조)로 위치 구동 제어 신호가 전달된 경우 기어 트레인(300)의 작동 상태를 나타낸다.
- <64> 도 8에 도시된 바와 같이, 제어부(30)로부터 신호 처리부(20)를 거쳐 위치 구동기(210, 도 2 참조)로 위치 구동 제어 신호가 전달되는 경우 위치 구동기(210)는 위치 구동 제어 신호에 따라 구동되어 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)의 실제 회전각(θ_a)이 원하는 소정의 각도(θ_{PA})과 일치하도록 위치 구동축(211)을 회전시키는데, 이는 상기 도 6에 도시된 위치 구동 제어 과정에서의 기구적 작동과 동일하다.
- <65> 위치 구동기(210)의 작동에 의하여 회동하는 출력 링크(3)가 선 III-III에 위치하는 경우 출력 링크(3)의 회동 영역 내에 위치한 외부 물체(R)에 의하여 출력 링크(3)의 회동은 제한된다. 즉, 출력 링크(3)와 연결된 출력축(11)의 회동도 제한되고 출력축(11)과 연결되거나 및/또는 동축을 이루는 캐리어 샤프트(363)의 회동이 제한됨으로써 유성기어(320)의 공전은 제한된다. 따라서, 유성기어(320)는 제자리에서 캐리어(360)에 연결된 중심점을 기준으로 자전한다. 예를 들어, 도시된 바와 같이 선기어(310)가 반시계 방향으로 회동하는 경우 유성기어(320)는 공전하지 않고 제자리에서 시계 방향으로 자전한다.
- <66> 위치 구동기(210)를 통하여 입력되는 토크는 선기어(310) 및 유성기어(320)를 거쳐 유성기어(320)와 내접하는 내접 링 기어(340) 및 외접 링 기어(330)에 전달되고 이는 외접 링 기어(330)와 외접하는 평기어로서의 강성 기어부(303)에 전달된다. 강성 기어부(303)에 각 변위, 즉 강성 구동축 회전각(θ_s)이 발생하는 경우 제어부(30)에 의하여 판단된 더블 액츄에이터 유닛(10)의 작동 상태에 따라 제어부(30)는 강성 구동기(230)로 적절한 제어 신호를 인가하여 강성 제어를 수행한다.
- <67> 이하에서는 상기 실시예들에 대한 제어 과정에 대하여 기술한다.
- <68> 도 11에는 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛을 구비하는 더블 액츄에이터 장치의 제어 방법에 대한 제어 흐름도가 도시되어 있고, 도 12에는 후술되는 도 11에서의 단계 S130에서의 보다 세부적인 제어 흐름도를 나타내는 흐름도가 도시된다.
- <69> 도 11에서, 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛(10)에 대한 초기화 단계가 수행된다(S100). 여기서, 초기화 단계(S100)는 상기 실시예에 기술된 더블 액츄에이터 유닛(10), 신호처리부(20), 제어부(30), 비교 연산부(40) 및 저장부(50)를 구비하는 더블 액츄에이터 장치(1)를 제공하고, 더블 액츄에이터 장치(1)의 저장부(50)에 더블 액츄에이터 유닛(10)에 대한 각종 계수에 대한 사전 설정 값 및 초기값을 저장하는 것을 포함한다. 초기값 및/또는 사전 설정값으로는 모터 상수, 강성 구동기 초기 강성 계수, 사전 설정 목표 토크 및 추정 토크와의 차이값을 비교하기 위한 설정 오차 등을 포함한다.
- <70> 그런 후, 제어부(30)는 더블 액츄에이터 유닛(10)의 위치 구동기(210)로 위치 구동 제어 신호를 인가한다. 위치 구동기(210)로 인가되는 위치 구동 제어 신호는 전압 신호로 구현될 수 있고 이는 아래와 같은 식으로 표현될 수 있는데, 위치 구동기(210)로 인가되는 초기의 위치 구동 제어 신호는 저장부(50)에 사전 저장된 초기값을 사용할 수 있다.

$$V(n+1) = \frac{\omega_D(n) - \omega_a(n)}{K_v}$$

$$V(0) = V_o$$

$$\omega_a(n) = \frac{d|\theta_a(n) - \theta_a(n-1)|}{dt}$$

<73>

<74>

여기서, $n=1,2,\dots$ 등의 정수를, K_v 는 모터 특성 및 출력축과 위치 구동축 간의 기어비 등을 고려한 모터 상수를, V 는 위치 구동기에 인가되는 위치 구동 제어 신호를, θ_a 는 실제 출력축 회전각을, ω_D 는 목표 출력축 속도를, ω_a 는 샘플링 타임과 같은 단위 시간에서의 실제 출력축 회전각의 변화, 즉 실제 출력축 회전 속도를, 그리고 V_0 는 초기 위치 구동 제어 신호를 나타낸다. 목표 출력축 회전각(θ_{PA})과 목표 출력축 속도(ω_D)가 동시에 주어 지는데, 목표 출력축 회전각(θ_{PA})은 하기되는 단계 S140에서 출력축(또는 출력 링크)의 실제 회전각이 소정의 원하는 값에 도달했는가의 위치 제어를 위하여 사용될 수 있다.

<75>

실제 출력축 회전각(θ_a)은 매 샘플링 타임마다 갱신되어 이로부터 실제 출력축 속도(ω_a)가 산출된다. 실제 출력축 회전각 속도(ω_a)가 목표 출력축 속도(ω_D)를 추종하도록 하기 위해, 제어 신호로서의 위치 구동 제어 신호 (V)는 목표 출력축 속도(ω_D)와 실제 출력축 속도(ω_a)와의 차이로부터 산출되어 위치 구동기에 인가된다. 위치 구동기(210)가 제어부(30)로부터 최종적으로 위치 구동기(210)로 인가된 위치 구동 제어 신호에 의하여 구동하는 경우, 더블 액츄에이터 유닛(10)은 상기한 바와 같은 기구적 변환 과정을 거친다. 본 실시예에서, 위치 구동기를 제어하기 위한 위치 구동 제어 신호 생성에 있어, 속도 제어 및 위치 제어를 모두 고려하는 경우에 대하여 기술되었으나 이는 본 발명의 일실시예일뿐 본 발명의 더블 액츄에이터의 위치 구동기 제어 방법이 이에 국한되는 것은 아니다.

<76>

그런 후, 강성 구동기 엔코더(240)는 강성 구동축(211)의 강성 구동축 회전각(θ_s)을 감지 및 검출하고(S120), 검출된 강성 구동축 회전각(θ_s)의 값에 따라 강성 구동기 제어가 실행된다(S130).

<77>

강성 구동기 제어 단계(S130)가 실행된 후, 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 실제 출력축 회전각(θ_a)과 목표 출력축 회전각(θ_{PA})을 비교 판단한다(S140).

<78>

실제 출력축 회전각(θ_a)이 목표 출력축 회전각(θ_{PA})과 동일한 경우 제어부(30)는 출력 링크(3)가 원하는 목표 회전 위치로 이동한 것으로 판단하고 제어 과정을 종료한다. 반면, 실제 출력축 회전각(θ_a)과 목표 출력축 회전각(θ_{PA})이 상이한 경우, 위치 구동기(210)에 연결된 위치 구동기 엔코더(230)를 사용하여 위치 구동축의 회전각을 검출하고 이를 통하여 위치 구동축과 출력축 간의 기어비를 고려하여 실제 출력축 회전각(θ_a)을 도출한다(S150).

<79>

측정/연산된 실제 출력축 회전각(θ_a) 및 저장부(50)에 저장된 목표 출력축 회전각(θ_{PA})을 사용하여 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 새로운 위치 구동기 제어 신호를 연산한다(S160). 위치 구동기 제어 신호의 연산 과정은 상기한 바와 동일하다. 제어 흐름은 단계 S110으로 복귀되어, 새로이 연산된 위치 구동기 제어 신호는 위치 구동기(310)로 전달 및 인가된다(S110).

<80>

한편, 도 12에는 강성 구동기 제어(S130)의 보다 세부적인 흐름이 도시된다. 상기 감지된 강성 구동축 회전각(θ_s)은 비교 연산부(40)에서 사전 설정된 강성 구동축 회전각과 비교되는데, 본 실시예에서 사전 설정된 강성 구동축 회전각은 0으로 설정된다(S1310).

<81>

강성 구동축 회전각(θ_s)이 사전 설정된 강성 구동축 회전각과 동일한 경우, 제어부(30)는 강성 구동기 제어 단계(S1310)를 종료한다. 반면, 강성 구동축 회전각(θ_s)이 사전 설정된 강성 구동축 회전각과 동일하지 않은 경

우, 강성 구동축 각속도($\left| \dot{\theta}_s \right|$)와 사전 설정 강성 구동축 각속도($\dot{\theta}_{s,cr}$)를 비교한다(S1320). 강성 구동축 각속도($\left| \dot{\theta}_s \right|$)와 사전 설정 강성 구동축 각속도($\dot{\theta}_{s,cr}$)를 비교한 결과, 강성 구동축 각속도($\left| \dot{\theta}_s \right|$)가 사전 설정 강성 구동축 각속도($\dot{\theta}_{s,cr}$) 이하인 경우, 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 강성 구동기(210)에 가해지는 추정 토크를 연산하도록 하는데(S1330), 추정 토크는 다음과 같은 식에 따라 연산된다.

$$T_e = K_{SM}(n) \cdot \theta_s$$

<82>

<83> 여기서, T_e 는 강성 구동기(210)에 가해지는 추정 토크를, $K_{SM}(n)$ 은 강성 구동기의 강성 계수를 나타내고, 강성 구동기의 강성 계수($K_{SM}(n)$)은 n 에 따라 상이한 다양한 값을 지닐 수 있는데, 초기 상태에서의 $K_{SM}(0)$ 은 저장부(50)에 사전 저장된 값을 사용할 수 있다.

<84> 그런 후, 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 연산된 추정 토크(T_e)와 저장부(50)에 기저장된 사전 설정 목표 토크(T_t)를 비교하게 하고, 제어부(30)는 비교 결과에 따라 사전 설정 목표 토크(T_t)와 추정 토크(T_e)와의

차이값이 사전 설정 오차(γ)의 범위 내, 즉 $|T_t - T_e| \leq \gamma$ 에 있는가를 판단한다(S1340).

<85> 그런 후, 사전 설정 목표 토크(T_t)와 추정 토크(T_e)와의 차이값의 절대값이 사전 설정 오차(γ) 이하인 경우, 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 저장부(50)에 저장된 강성 구동기 강성 계수(K_{SM})와 강성 구동축 회전각(θ_s)을 사용하여 강성 구동기(230)에 인가되는 강성 구동 제어 신호를 연산하고 이를 강성 구동기(230) 측으로 인가하는데(S1350), 전류 신호로서 구현되는 강성 구동 제어 신호의 연산은 다음과 같은 식에 의하여 이루어진다.

$$i = \frac{K_{SM}(n)}{K_T} \cdot \theta_s$$

<86>

<87> 연산된 강성 구동 제어 신호(i)는 신호 처리부(20)를 거쳐 강성 구동기(230)로 전달된다.

<88> 강성 구동 제어 신호의 연산 및 인가가 이루어진 후, 제어 흐름은 다시 상기한 강성 구동축 감지 단계(S120)로 복귀되어, 제어부(30)는 강성 구동기 엔코더(240)로부터 신호 처리부(20)를 거친 강성 구동축 회전각(θ_s)을 감지하고 이를 저장부(50) 및 비교 연산부(40)로 전달한다.

<89> 한편, 상기 단계 S1340에서 사전 설정 목표 토크(T_t)와 추정 토크(T_e)와의 차이값의 절대값이 사전 설정 오차(γ)보다 큰 경우, 제어부(30)는 비교 연산부(40)로 하여금 강성 구동기 강성 계수를 보정하는데(S1360), 강성 구동기 강성 계수의 보정은 다음과 같은 식에 의하여 이루어질 수 있다.

$$K_{SM}(n+1) = K_{SM}(n) + \alpha \left(\frac{T_t - T_e}{\theta_s} \right)$$

<90>

<91> 여기서, α 는 강성 계수 보정 상수로서 설계 사양에 따라 적절한 값이 선택될 수 있다. 강성 구동기 강성 계수가 보정된 후, 제어 흐름은 단계 S1350으로 이동하여 새로이 보정된 강성 구동기 강성 계수와 강성 구동축 회전각과 각종 계수를 사용하여 강성 구동기 제어 신호를 연산하고 강성 구동축 회전각 감지 단계로 복귀된다.

<92> 또 한편, 상기 단계 S1320에서 강성 구동축 각속도($|\dot{\theta}_s|$)와 사전 설정 강성 구동축 각속도($\dot{\theta}_{s,cr}$)를 비교한

결과, 강성 구동축 각속도($|\dot{\theta}_s|$)가 사전 설정 강성 구동축 각속도($\dot{\theta}_{s,cr}$)보다 큰 경우, 강성 구동기 강성 계수를 보정한다(S1370). 즉, 제어부(30)는 이 경우를 출력 링크와 외부 물체 간의 원치 않는 충돌로 간주하고 외부 물체, 출력 링크 및 더블 액츄에이터 유닛의 손상을 방지하기 위하여 강성 구동기(230)에 인가되는 강성 제어 신호에 의한 작동하는 강성 구동기에 의한 강성을 현저하게 저하 내지는 제거하는 것이 필요하다고 판단하

고 강성 구동기의 강성을 저하시키기 위해 강성 구동기 긴급 강성 계수($K_{SM}^*(n)$)를 연산하는데, 강성

구동기 긴급 강성 계수($K_{SM}^*(n)$)는 다음과 같은 식과 같이 연산될 수 있다.

$$K_{SM}^*(n) = K_{SM}(n) - \beta_{vel} \cdot \dot{\theta}_s$$

<93>

<94>

여기서, β_{vel} 은 긴급 강성 보정 계수로서 저장부(50)에 사전 저장된 값으로 이는 설계 사양에 따라 적절하게 선택될 수 있다.

<95>

연산된 강성 구동기 긴급 강성 계수($K_{SM}^*(n)$)는 새로운 강성 구동기 강성 계수(KSM)로 설정된 후(S1380), 제어 흐름은 단계 S1350으로 이동하여 강성 구동기 제어 신호를 연산하고 이를 강성 구동기에 인가한다.

<96>

상기한 제어 과정을 거쳐 위치 구동기를 통한 위치 제어 및 강성 구동기를 통한 강성 제어를 구현함으로써, 출력축을 통한 출력 링크의 원하는 위치 이동 및 토크 달성이 이루어질 수 있다.

<97>

또 한편, 상기 실시예들에 있어, 강성 구동기(230)는 기어 트레인(300, 도 2 참조)의 강성 기어부(303)와, 선기어(310), 내/외측 링기어(330, 340), 유성기어(320) 및 캐리어(360) 등의 유성 기어 장치로 구현되는 위치 기어부(301)를 통해 연동하고 위치 구동기(210)와 동일하게 하우징부의 하우징 케이스(110)에 고정 장착되는 구조를 취하였으나, 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛이 이에 국한되는 것은 아니다. 즉, 도 13에 도시된 바와 같이, 상기한 바와 같이 변형된 형태의 더블 액츄에이터 유닛(10a)의 하우징 케이스(110)에는 위치 구동기(210)가 고정 장착되고 위치 구동기(210)에는 위치 구동기 엔코더(220)가 장착되며 위치 구동기(210)의 위치 구동축(211)에 연결되는 위치 기어부(301a)가 평기어로 구성된다.

<98>

하우징부(100, 도 2 참조)의 하우징 케이스(110)와 강성 구동기(230) 사이에는 강성 구동기 장착 베어링(305)이 배치되고, 강성 구동기(230)는 강성 구동기 장착 베어링(305)을 통하여 회동 가능하게 하우징 케이스(110)에 장착된다. 즉, 강성 구동기(230)는 선 IV-IV을 중심으로 전체적으로 회전 가능하도록 하우징 케이스(110)에 장착된다. 강성 구동기(230)의 강성 구동축(231)에는 평기어로서의 강성 기어부(303)가 장착되는데, 강성 기어부(303)와 위치 기어부(301a)는 모두 평기어로 외접하도록 배치된다. 강성 구동축(231)은 강성 기어부(303)를 넘어 연장되는데, 연장된 강성 구동축(231)은 출력축(11)과 동축을 이루도록 구성된다. 따라서, 출력축(11)으로서의 강성 구동축(231)의 회전력은 출력 링크(3, 도 7 참조)로 직접 전달된다. 여기서, 강성 구동축(231)과 출력축(11)이 동축으로 구현되는 것으로 도시되었으나, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 즉, 출력축과 강성 구동축이 동일 축선 상에 배치되지 않고 이격되는 구성을 취하거나 기어비를 변환하여야 하는 경우 하우징 케이스의 내부에 회동 가능하게 배치되는 별도의 회동 기어를 통하여 강성 구동축(231)과 출력축(11)이 연동하도록 하는 구조를 취할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

<99>

또 한편, 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛은 강성 기어부의 회동을 단속하기 위한 구성을 더 구비할 수도 있다. 도 14에는 기어 클러치부를 더 구비하는 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 구조가 도시되어 있는데, 상기한 실시예의 구성 요소와 동일한 구성 요소에 대하여는 동일한 도면 부호를 부여하였다.

<100>

기어 클러치부(150)는 클러치 솔레노이드(151)와, 클러치 랙(152)과, 클러치 랙 가이드(153a, 153b)를 포함한다. 클러치 솔레노이드(151)는 제어부(30, 도 5 참조)로부터의 전기적 신호에 따라 온/오프 작동되는데, 온/오프 작동되는 클러치 솔레노이드(151)에 의하여 클러치 랙(152)은 강성 기어부(303)로부터 멀어지거나 접하는 방향으로 이동한다. 클러치 가이드(153a, 153b)는 하우징 케이스(110)의 일측에 배치되어 클러치 솔레노이드(151)의 작동 신호에 따라 이동하는 클러치 랙(152)의 이동이 안정적으로 이루어질 수 있도록 한다.

<101>

클러치 솔레노이드(151)의 작동에 따라 클러치 랙(152)이 강성 기어부(303)로 이동하는 경우, 클러치 랙(152)의 일측에 형성된 치열과 평기어 타입으로 구성되는 강성 기어부(303)의 외주 상에 형성된 치열이 맞물리어 강성 기어부(303)의 회동 저지를 최대화시켜, 궁극적으로 출력 링크(3, 도 7 참조)의 출력 토크를 최대화시킬 수 있다.

<102>

또한, 본 발명에 따른 기어 클러치부는 다양한 변형예를 구비할 수도 있다. 즉, 도 15에 도시된 바와 같이, 더블 액츄에이터 유닛(10)의 위치 구동기 엔코더(220)와 연결된 위치 구동기(210) 및 강성 구동기 엔코더(240)와 연결된 강성 구동기(230)는 하우징 케이스(110)에 고정 장착되고, 더블 액츄에이터 유닛(10)은 기어 클러치부(400)를 더 구비한다. 기어 클러치부(400)는 클러치 모터(410), 클러치 스크류(420), 클러치 기어(430), 클러치 기어 가이드(433)를 구비하는데, 클러치 모터(410)는 하우징 케이스(110)에 일단이 고정 장착되고, 클러치 모터(410)는 제어부(30) 등과 전기적 소통을 이루어 제어부(30)에 의하여 작동 여부가 제어된다. 클러치 스크

류(420)는 외주면에 나사산이 형성되는데, 클러치 스크류(420)의 일단은 하우징 케이스(110)에 고정 장착된 스크류 힌지(421)와 회동 가능하게 연결되는 구조를 취함으로써, 클러치 스크류(420)는 하우징 케이스(110)에 대하여 회동 가능하다. 클러치 스크류(420)의 타단은 클러치 모터(410)의 모터축과 연결되는데, 클러치 스크류(420)와 클러치 모터(410)의 모터축은 직결되는 구조를 취할 수도 있으나, 도 15에 도시된 바와 같이 별도의 커플링(413)을 통하여 연결되는 구조를 취할 수도 있다. 클러치 기어 가이드(433)는 하우징 케이스(110)에 고정 장착되는데, 클러치 기어 가이드(433)는 클러치 기어(430)에 형성된 관통구를 통하여 클러치 기어(430)를 관통하도록 배치되어 클러치 기어(430)는 클러치 기어 가이드(433)를 따라 이동하는 구조를 취함으로써 클러치 기어 가이드(433)는 클러치 기어(430)를 안내할 수 있다. 따라서, 제어부(30)가 인가한 기어 클러치부 작동 신호에 따라, 클러치 모터(410)의 축(411)과 연결된 클러치 스크류(420)가 회동하고 클러치 스크류(420)는 클러치 모터(410)의 회전에 따라 함께 회전하여 클러치 스크류(420)의 나사산과 맞물리는 클러치 기어(430)가 클러치 스크류(420)의 길이 방향으로 이동하여 클러치 기어(430)의 단부에 형성된 치열과 평기어로서의 강성 기어부(303)의 외주 상에 형성된 치열이 맞물리고 강성 구동축의 회전이 방지됨으로써, 강성 구동기의 강성 극대화로 인한 출력 링크(3, 도 7 참조)의 출력 토크를 최대화시킬 수 있다.

<103> 또한, 본 발명에 따른 기어 클러치부는 도 16에 도시된 바와 같은 또 다른 변형예를 구비할 수도 있다. 기어 클러치부(500)는 클러치 모터(510)와, 클러치 스크류(520)와 클러치 기어(530)를 포함하는데, 클러치 모터(510)와 클러치 스크류(520) 및 스크류 힌지(521)는 상기한 클러치 모터(410)와 클러치 스크류(420) 및 스크류 힌지(421)와 동일하므로 이에 대한 설명은 생략한다.

<104> 클러치 기어(530)는 일단이 힌지 등을 통하여 하우징 케이스(110)에 회동 가능하게 장착되고 클러치 기어(530)는 일측에 강성 기어 이(533)를 그리고 타단에 클러치 기어 이(535)를 구비하는데, 강성 기어 이(533)는 강성 기어부(303)의 치열과 맞물리 수 있고 클러치 기어 이(535)는 클러치 스크류(520)의 나사산과 맞물린다. 제어부(30) 등으로부터 전달된 제어 신호에 따라 클러치 모터(510)가 작동하고 커플링(513) 등을 통하여 연결된 클러치 스크류(520)는 클러치 모터(510)의 모터축과 함께 회동한다. 클러치 스크류(520)의 회동에 따라 클러치 스크류(520)의 나사산과 맞물린 클러치 기어(530)는 힌지(531)를 중심으로 회동하게 되고, 궁극적으로 클러치 기어(530)의 외측에 형성된 강성 기어 이(535)와 강성 기어부(303)의 치열 사이의 단속이 이루어질 수 있다.

<105> 도 17에는 본 발명에 따른 기어 클러치부의 또 다른 변형예가 도시된다. 기어 클러치부(600)는 클러치 모터(미도시)와, 클러치 캠(620)과, 클러치 기어(630)와, 클러치 기어 탄성 부재(640)를 구비한다. 클러치 모터(미도시)는 제어부(30)로부터의 제어 신호에 따라 작동되는데, 클러치 모터의 모터축에는 클러치 캠(620)이 장착되어 클러치 모터가 작동함에 따라 클러치 모터의 모터축과 함께 클러치 캠 중심축(623)을 중심으로 클러치 캠(620)도 회전한다. 클러치 캠(620)의 외주는 캠형상의 캠면(6210)이 형성된다. 클러치 기어(630)의 일단은 힌지(631)를 통하여 회동 가능하게 하우징 케이스(110)에 장착되고 타단은 클러치 기어 관통구(633)를 통하여 클러치 기어 탄성 부재(640)와 연결되며 일측에는 강성 기어부(303)의 치열과 맞물림 가능한 클러치 기어 이(635)가 구비된다. 클러치 기어 탄성 부재(640)의 타단은 하우징 케이스(110)에 연결된다. 제어부(30)로부터의 제어 신호에 따라 클러치 모터(미도시)가 회동하면 클러치 캠(620)도 함께 회전하고, 클러치 캠(620)의 캠면(621)에 맞닿은 클러치 기어(630)는 클러치 기어 탄성 부재(640)에 의한 일정한 탄성력이 제공되는 상태에서 캠면(621)을 따라 힌지(631)를 중심으로 회동하게 되고, 클러치 기어 이(635)와 강성 기어부(303)의 치열이 맞물리는 경우 강성 기어부(303)의 회동이 제한된다.

<106> 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 것으로 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 즉, 출력축은 하우징 케이스에 회동 가능하게 장착되는 회동 기어를 통하여 위치 기어부 및/또는 강성 기어부와 맞물리는 구조를 취할 수도 있는 등, 본 발명은 본 발명의 출력축의 위치 제어와 강성 제어를 구현하기 위한 위치 구동기 및 강성 구동기를 포함하는 구동부와, 출력축에 동력을 전달하고 위치 기어부 및 강성 기어부를 포함하고 위치 기어부와 강성 기어부가 서로 연동하도록 맞물리는 기어 트레인을 구비하는 범위에서 다양한 변형이 가능하다.

발명의 효과

<107> 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛 및 이를 구비하는 장치 및 이의 제어 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

<108> 첫째, 본 발명은 고가의 힘/토크 센서를 요하지 않고 단순한 구동기의 부가 및 통상적인 위치 센서로서의 엔코더를 사용하여 출력축의 위치 제어 및 강성 제어를 구현하는 더블 액츄에이터 유닛을 제공함으로써, 소기의 위치 제어 및 강성 제어를 구현하기 위한 액츄에이터의 제조 원가를 현저하게 저감시킬 수 있다.

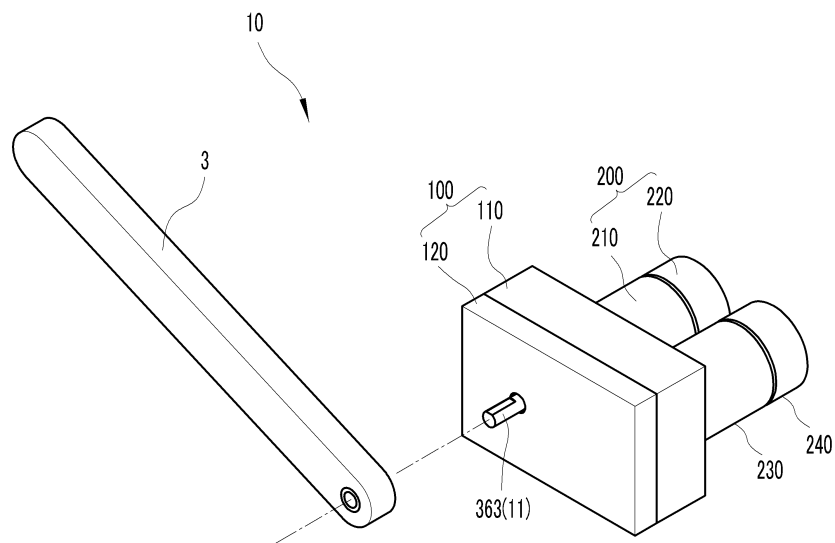
- <109> 둘째, 본 발명은 감속 범위를 현저하게 증대시켜 부하 하중을 최대화시키고 안정적인 작동을 가능하게 할 수 있는 유성 기어 장치 타입의 위치 기어부가 배치된 기어 트레인을 구비하는 더블 액츄에이터 유닛을 제공함으로써, 작동 성능을 현저하게 증대시킬 수 있다.
- <110> 셋째, 본 발명은 더블 액츄에이터 유닛 및 이를 구비하는 더블 액츄에이터 장치의 간단한 로직의 제어 방법을 제공하여, 장치의 작동 응답성을 극대화시켜 궁극적으로 유닛 및 장치가 사용되는 생산계에서의 생산성을 증대시킬 수 있다.
- <111> 넷째, 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 장치 제어 방법은 출력 링크의 각속도 판단 단계를 더 구비함으로써, 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 장치가 사용되는 작동 범위에서의 외부 물체와 장치의 충돌로 인한 물적 손상 내지는 인적 상해를 방지할 수도 있다.
- <112> 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

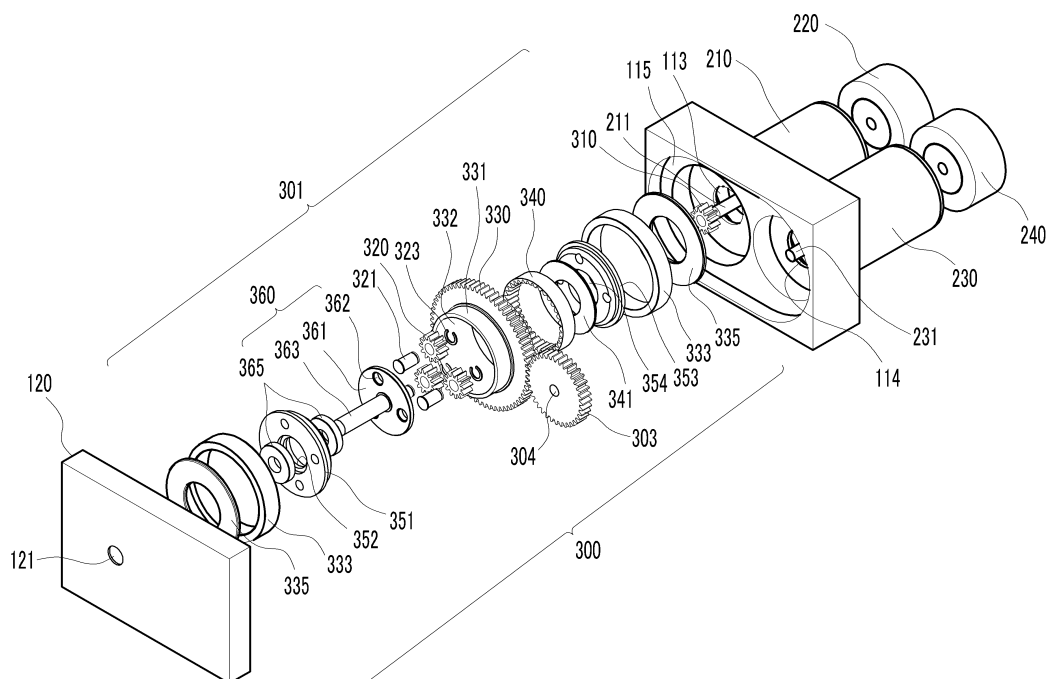
- <1> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 사시도이다.
- <2> 도 2는 도 1의 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 분해 사시도이다.
- <3> 도 3은 도 1의 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 단면도이다.
- <4> 도 4는 도 1의 더블 액츄에이터 유닛의 일부 구성 요소에 대한 개략적인 분해 사시도이다.
- <5> 도 5는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 더블 액츄에이터 장치의 개략적인 구성을 나타내는 블록 선도이다.
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛 및 이를 구비하는 장치의 작동 상태를 나타내기 위한 기어 트레인의 개략적인 상태도이다.
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛 및 이를 구비하는 장치의 작동 상태를 설명하기 위한 개략적인 개념도이다.
- <8> 도 8 내지 도 10은 외부 물체에 의한 강성 제어가 실행되기 위한 과정을 설명하는 기어 트레인의 개략적인 상태도이다.
- <9> 도 11 및 도 12는 본 발명의 더블 액츄에이터 장치의 제어 과정을 나타내는 개략적인 제어 흐름도이다.
- <10> 도 13은 본 발명에 따른 더블 액츄에이터 유닛의 다른 변형예를 나타내기 위한 개략적인 배치도이다.
- <11> 도 14는 본 발명에 따른 기어 클러치부를 더 구비하는 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 배치도이다.
- <12> 도 15 내지 도 17은 변형된 형태의 기어 클러치부를 구비하는 더블 액츄에이터 유닛의 개략적인 배치도이다.
- <13> *도면의 주요부분에 대한 부호의 설명*
- | | |
|----------------------------|------------------|
| <14> 100...하우징부 | 110...하우징 케이스 |
| <15> 120...하우징 커버 | 200...구동부 |
| <16> 210...위치 구동기 | 220...위치 구동기 엔코더 |
| <17> 230...강성 구동기 | 240...강성 구동기 엔코더 |
| <18> 300...기어 트레인 | 301...위치 기어부 |
| <19> 303...강성 기어부 | 310...선기어 |
| <20> 320...유성기어 | 330...외접 링 기어 |
| <21> 340...내접 링 기어 | 360...캐리어 |
| <22> 400,500,600...기어 클러치부 | |

도면

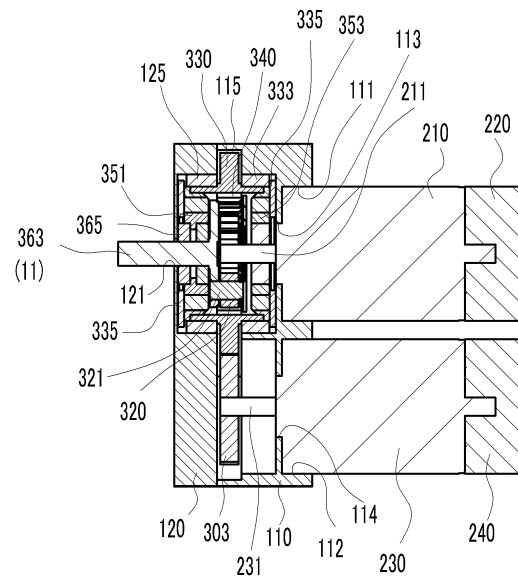
도면1



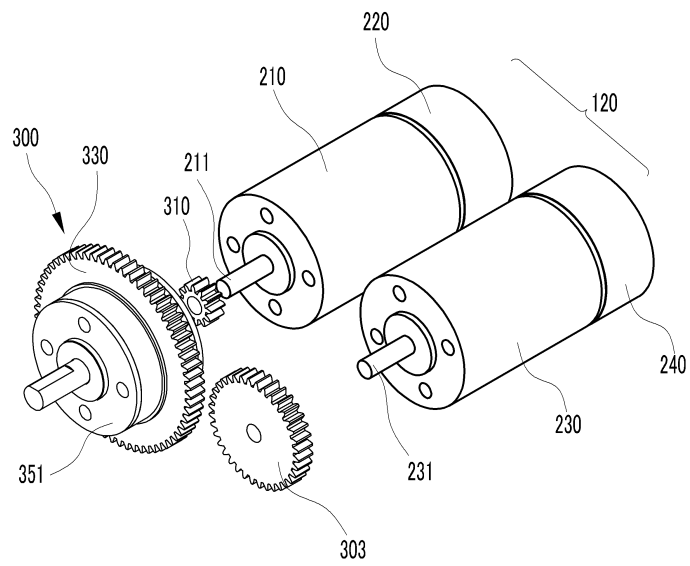
도면2



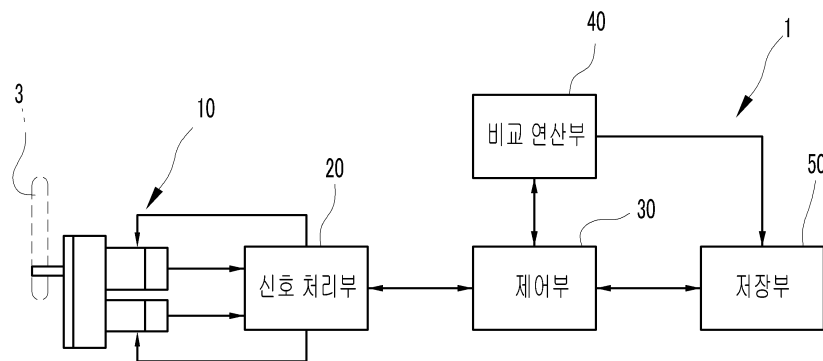
도면3



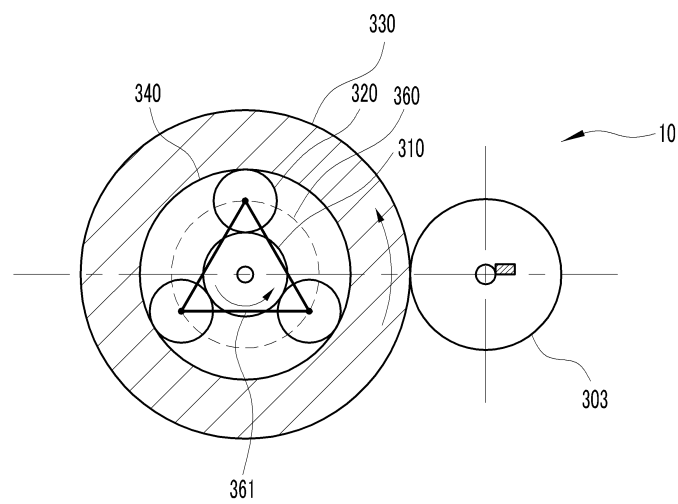
도면4



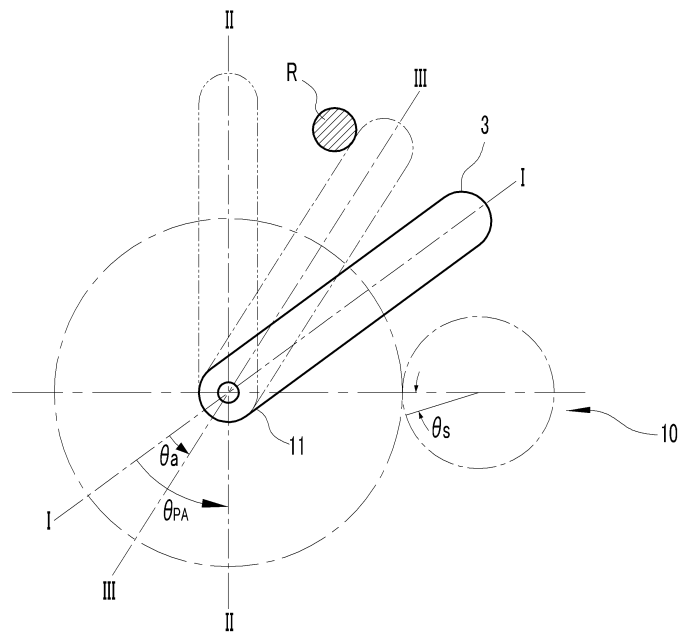
도면5



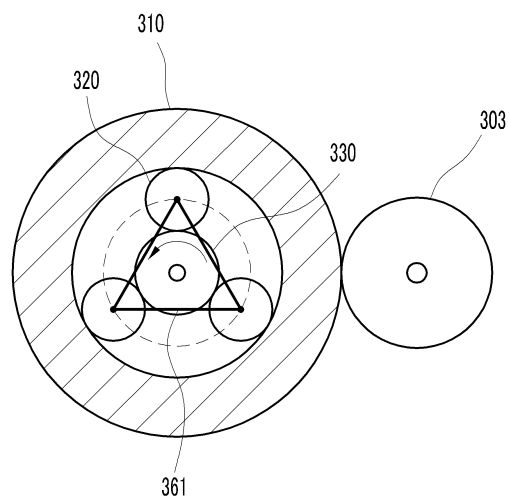
도면6



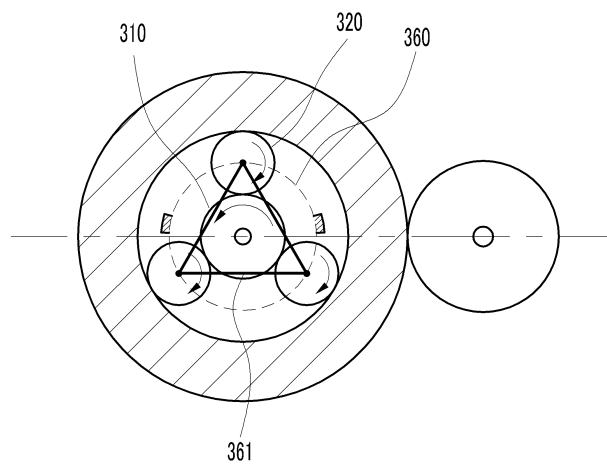
도면7



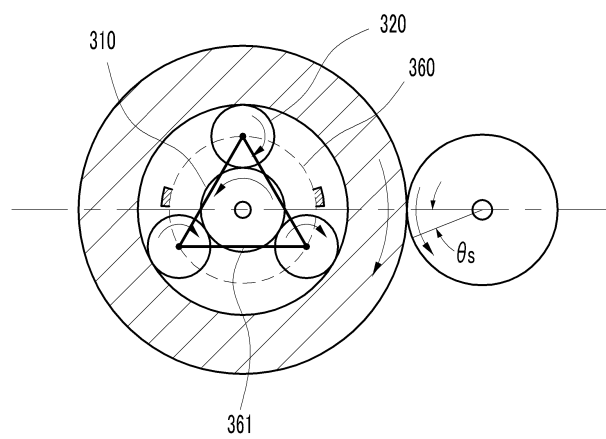
도면8



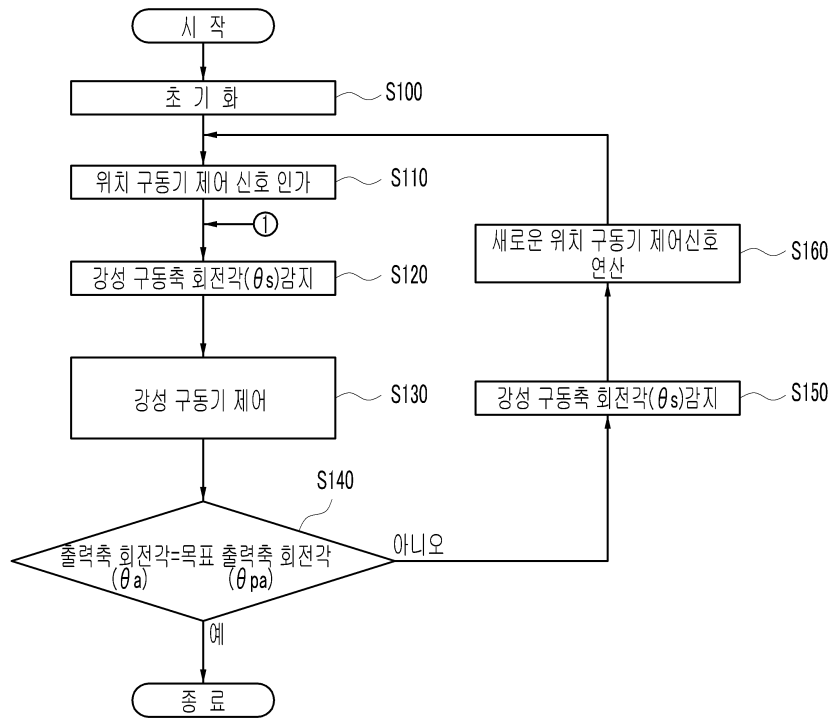
도면9



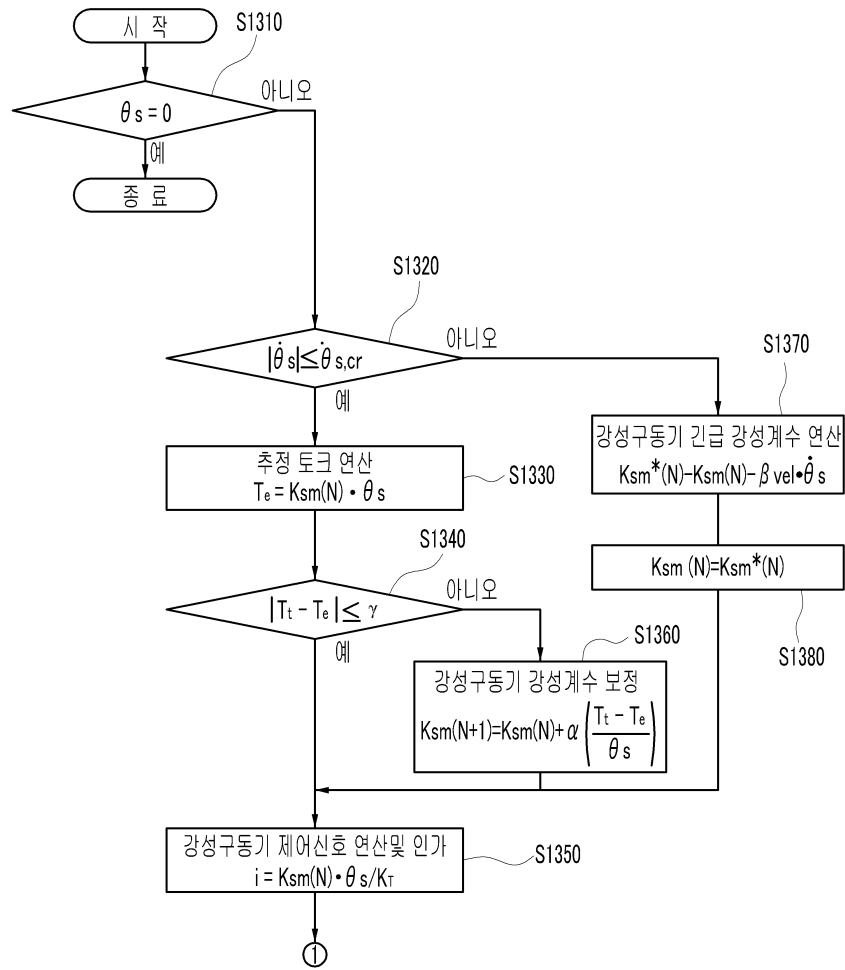
도면10



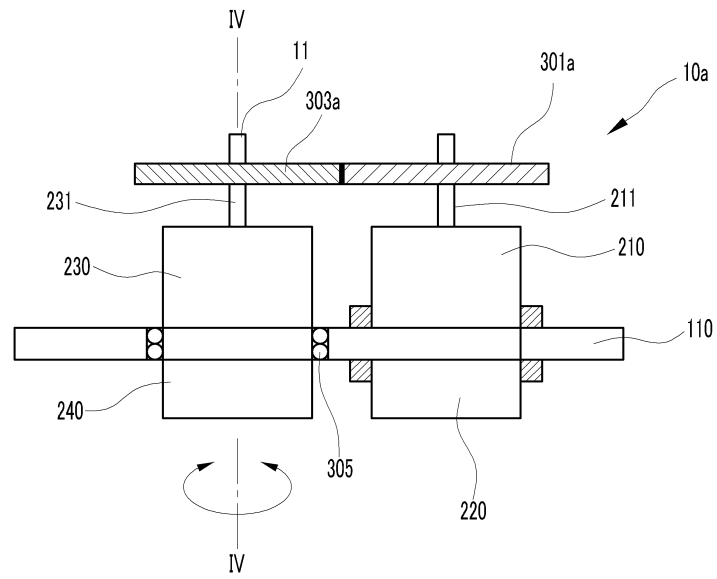
도면11



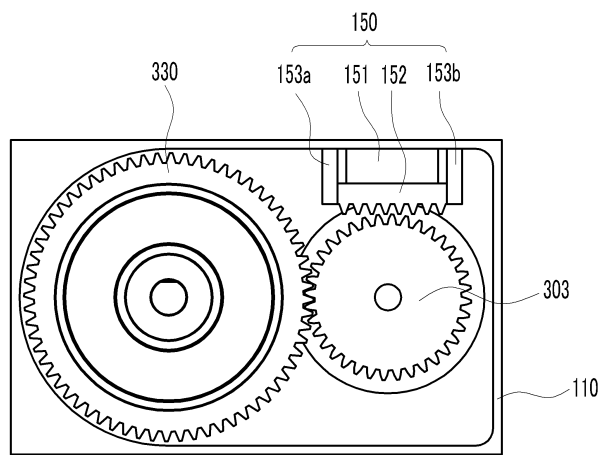
도면12



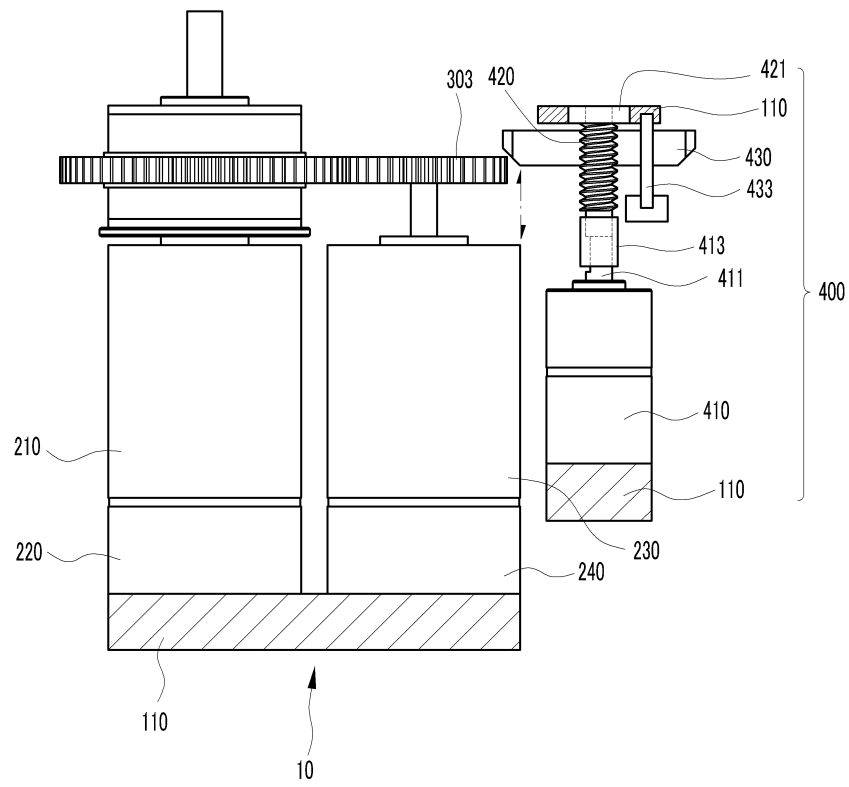
도면13



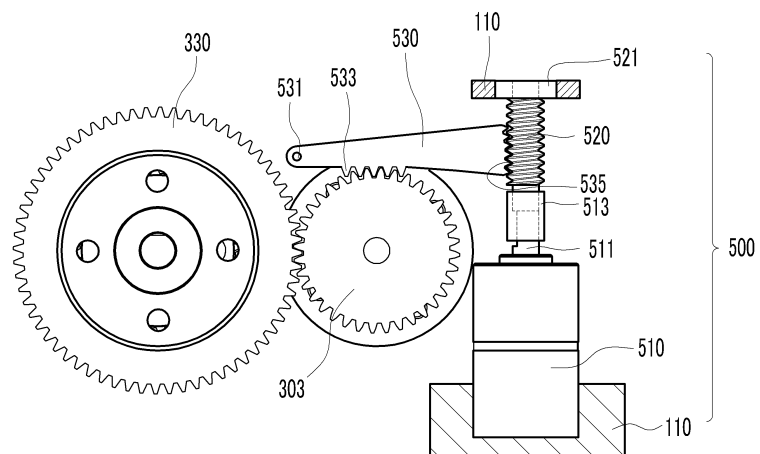
도면14



도면15



도면16



도면17

