

차세대 모빌리티의 전동 파워트레인 시스템을 위한 볼램프 액츄에이터의 동적 모델링 및 성능 최적화

김 효 빈¹⁾ · 박 영 근¹⁾ · 송 은 지¹⁾ · 나 호 용¹⁾ · 안 승 윤¹⁾ · 김 정 혁¹⁾ · 김 상 우²⁾ · 황 성 호^{*1)}

성균관대학교 기계공학과¹⁾ · 현대 위아²⁾

Dynamic Modeling and Performance Optimization of Ball-Ramp Actuators for Electrified Powertrain Systems in Next-Generation Mobility

Hyobin Kim¹⁾ · Young-Geun Park¹⁾ · Eunji Song¹⁾ · Hoyong Na¹⁾ · Seungyun An¹⁾
· Jeonghyuk Kim¹⁾ · Sangwoo Kim²⁾ · Sung-Ho Hwang^{*1)}

Department of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University¹⁾, Hyundai WIA²⁾

Key words : Ball-Ramp Mechanism(볼램프 메커니즘), Actuator(액츄에이터), Dynamic Modeling(동적 모델링), Degree of Freedom(자유도), Electrification of Powertrain(전동화 파워트레인)

* 교신저자, E-mail: hsh0818@skku.edu

최근 강화된 환경 규제에 대응하기 위해 차세대 모빌리티의 전동화 파워트레인 시스템은 빼놓을 수 없는 요소이다. 이에 따라 동력발생장치에서 구동장치로 이어지는 부분에서 고성능, 고효율 동력전달장치의 개발은 필수적이다. 기존에 사용하던 유압 작동 방식 액츄에이터의 고온 응답성 저하, 체결력 감소 등 문제점들을 개선하기 위해 볼램프 타입 액츄에이터가 개발·적용되고 있으며, 이에 대한 동역학적 거동을 고려한 사양 선정 및 최적 설계 등에 있어 기반이 되는 동적 모델 개발의 필요성이 증가하였다.

본 논문에서는 볼램프 타입 액츄에이터의 동적 모델을 포함한 모터에서 클러치까지 이르는 전체 시스템 모델링을 진행하였으며, 이 시스템의 정합성과 성능을 표현할 수 있는 지표들을 도출하는 방법을 제시하였다. 볼램프 액츄에이터의 볼, 액츄에이터와 클러치 사이에서 동력을 전달하는 베어링의 강성을 고려하여 총 3자유도의 시스템을 고안하였으며, 모터 샤프트에서 나오는 토크가 클러치 토크로 변환되는 비선형 시스템 모델링을 진행하였다. 모터 샤프트의 토크는 웜기어셋을 통해 볼램프 타입 액츄에이터로 전달된다. 이때 정합성 향상을 위해 모터 샤프트와 하우징 간의 댐핑을 고려하였으며, 동력 손실 고증을 위해 웜기어 효율식을 차용하였다. 볼램프 액츄에이터에서는 액츄에이터 상판의 회전 운동이 볼의 강성을 고려한 볼의 수직항력에 의해 클러치 축 방향 힘으로 전환된다. 이후 액츄에이터에서 나온 축력이 베어링을 통과하여 클러치 축력으로 전달되고 이 과정에서 베어링의 상수 강성값에 의한 동력 손실이 반영된다.

각 파트별 정밀한 회전관성 계산과 클러치 리턴스프링 구현을 통해서 실험데이터와 비교한 정합성 검증을 진행하였으며, 목표 클러치 토크 1000Nm를 입력하여 91.5%의 정합성을 검증하였다. 이렇게 개발된 동적 모델을 통해 성능지표를 도출하고 이를 이용해 최적설계를 진행함으로써, 볼램프 시스템의 최적 설계인자 도출이 가능하리라 기대한다.

후기 : 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (20013794)

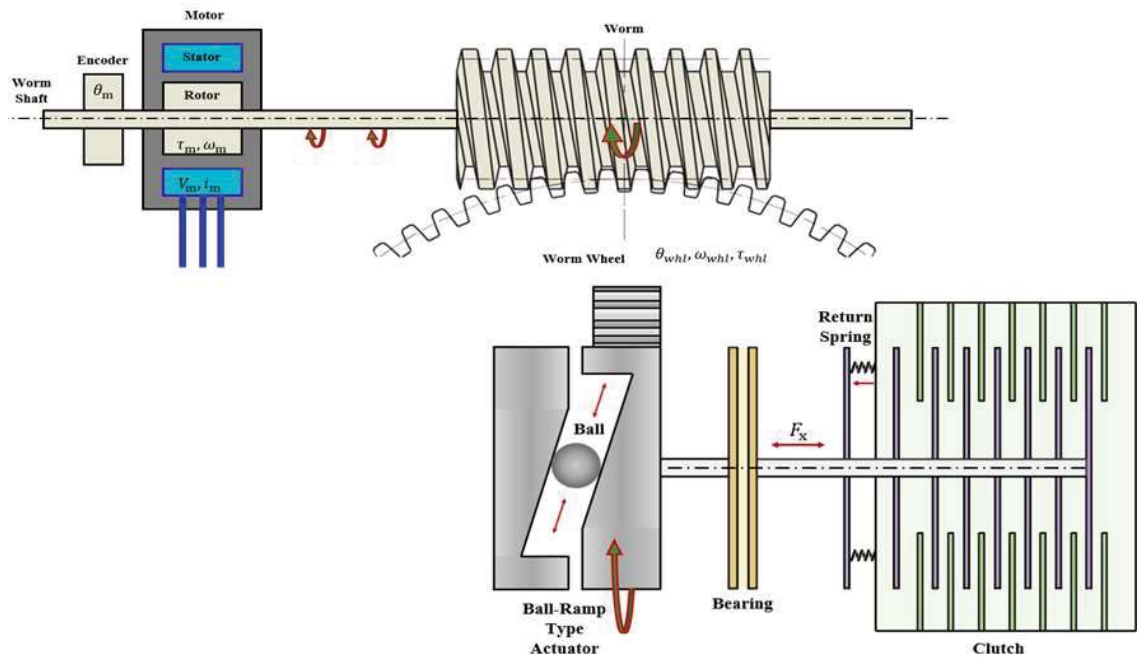


Photo. 1 Motor-Clutch System with Ball-Ramp Type Actuator Schematic Diagram