

틸팅열차를 위한 틸팅장치 성능평가 시험장치 구축방안에 대한 개념설계

A Conceptual Design of the Performance Evaluation Device for the Tilting Mechanism of the Tilting Train

이준호[†], 김호연*, 한성호^{††}

Jun-Ho Lee, Ho-Yeon Kim, Seong-Ho Han

1. 서 론

전기방식의 틸팅액츄에이터는 차체 틸팅시 틸팅액츄에이터에 공급되는 전류만을 측정가능하고 틸팅액츄에이터에 인가되는 부하량의 측정은 불가능하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해서 부하량을 제어하면서 차체틸팅시 소요되는 힘을 측정하는 것이 가능하게 하는 유압실린더 방식의 틸팅메카니즘 기구학적 성능평가 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 틸팅구동을 수행하는 유압실린더, 유압실린더를 제어하는 제어시스템, 운동특성 및 부하특성을 측정하는 센서류, 센서 Data 수집 및 모니터링 시스템으로 구성된다.

2. 현 황

경부고속철도 KTX가 2000년 9월 천안~대전간 59km 시험선로에서 최고속도 300km/h로 주행에 성공함으로써 우리나라도 고속철도 운용국가가 되었다. 그러나 경부선에서 무궁화 열차와 새마을 열차는 92km/h ~ 150km/h의 속도를 아직까지도 중 저속운행을 유지하는 중이다. 한편 영국, 이탈리아, 독일, 프랑스 등의 선진국에서는 70년대초부터 기존선 개량 및 틸팅차량개발을 통하여 160~220km/h로 속도를 향상시켜 운행하고 있다[1]. 이에 따라 국내에서는

2001년 부터 한국철도기술연구원의 신소재 틸팅열차 시스템 연구단에서 기존 차량에 비해 승차감의 저하 없이 곡선부를 더욱 빠르게 주행 할 수 있는 한국형 틸팅차량인 한빛 200을 개발하고 있으며. 현재는 시 제작량 제작을 마치고, 중앙선을 시작으로 시운전 시험이 단계적으로 진행되고 있다. 시운전 통해 틸팅차량의 시스템 안정화를 위하여 차량 외에 궤도, 구조물, 전차선, 신호 등 각 시스템 상호간의 인터페이스 검증을 위한 연구가 진행되고 있다[2].

그 중 틸팅 메커니즘에 대한 연구도 국내/외적으로 활발히 진행되고 있다. 횡방향의 능동 현가 장치를 이용한 틸팅 메커니즘에 대한 연구[3] 및 틸팅 링크를 포함 하는 시뮬레이션 모델을 통하여 동적특성을 분석하고 있다[4]. 또한 서보모터와 실린더, 유압 시스템을 이용한 전기식 유압 액츄에이터 시스템에 대한 연구도 함께 진행되고 있다[5].

본 논문에서는 틸팅 메커니즘 기구학적 성능평가를 위한 유압 시스템의 개념적인 설계에 대해서 다룬다. 본 시스템은 한빛 200에서 사용되고 있는 전기식 틸팅 액츄에이터 시스템과 동일한 조건에서 동작이 가능한 유압 시스템으로서 전기식 틸팅액츄에이터에서는 직접 측정이 불가능한 틸팅액츄에이터에 작용하는 부하용량 측정이 가능하고 그외 다양한 데이터를 수집하는 것이 가능하다.

3장에서는 기존에 한빛 200에서 사용되고 있는 전기식틸팅메커니즘에 대하여 분석하고 4장에서는 틸팅 메커니즘 기구학적 성능평가를 위한 유압 시스템의 개념적 설계를 소개하고 5장에서는 결론을 제시한다.

† 교신저자; 한국철도기술연구원
E-mail : jhlee77@krri.re.kr
Tel : (031) 460-5040, Fax : (031) 460-5449

* 샬롬엔지니어링

†† 한국철도기술연구원

3. 전기식 틸팅 메커니즘

본 시스템을 설계하기 이전에 먼저 현재 개발되어 있는 시스템에 대한 이해가 필요하다. 한빛 200에 적용되어 있는 기존의 틸팅 메커니즘은 틸팅 볼스타, 틸팅 링크와 틸팅 액츄에이터로 구성되어있다. 틸팅 볼

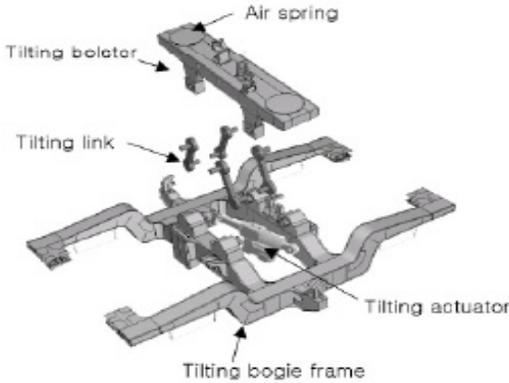


그림 1 틸팅 메커니즘

스타는 두 쌍의 틸팅 링크에 의해 Fig. 1과 같이 대차프레임과 연결된다. 차체는 틸팅 볼스타 상면에 설치된 2차 현가장치인 공기스프링 위에 설치되고, 곡선부 주행 시 차체를 기울이는 역할을 하는 전기 기계식 틸팅 액츄에이터(electro-mechanical tilting actuator)는 틸팅 볼스타 하부에 설치되어 한쪽은 대차에 고정되고 다른 한쪽은 틸팅 볼스타에 연결되어 액츄에이터의 인장과 수축에 의해 차체를 기울이게 된다[6].

4. 유압시스템의 개념적 설계

그림2. 는 틸팅메카니즘 기구학적 성능평가 시험장치의 개념적인 구성을 보여주며, 틸팅 구동시 틸팅액츄에이터에 미치는 부하특성의 측정 및 분석을 가능하게 하는 유압실린더(유압 Unit), 각종 센서, 제어기 및 모니터랑 장치로 구성된다.

4.1 유압실린더

시스템의 전체 구성에서 유압실린더의 역할은 틸팅 차체가 틸팅각을 구현하기 위해서 필요로 하는 힘을 유압에 의해서 공급하는 역할을 수행한다. 틸팅각에

따른 유압력의 결정은 제어시스템(제어기 및 모니터

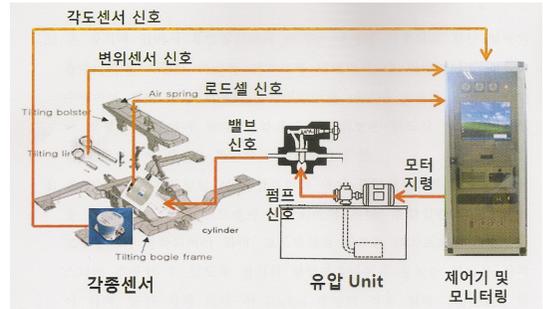


그림 2 시스템 구성

링)에서 입력하는 원하는 틸팅각을 유압력으로 환산해서 이루어지며 환산된 유압력은 유압실린더에 부착되어 있는 모터블럭에 입력된다. 입력된 유압력을 실체로 틸팅차체에 공급하기 위해서 유압실린더에 부착되어 있는 모터가 원하는 유압력에 도달할때까지 유압실린더 내부의 유체(기름)를 펌핑한다. 유압실린더에는 유압력을 생성하기 위해서 공급되는 유체(기름)의 양에 따라서 압력(힘)을 측정할 수 있는 게이지가 부착되어 있으며 이는 틸팅각의 변화에 따라서 틸팅액츄에이터에 작용하는 부하 용량을 나타낸다.

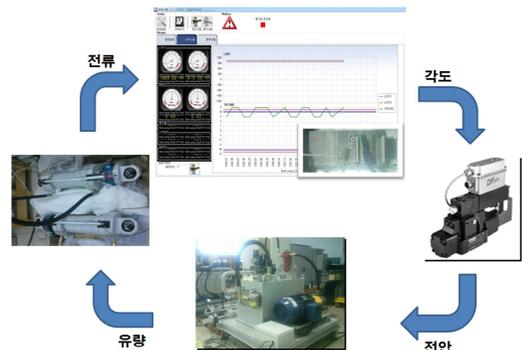


그림 3 시스템의 신호 흐름

또한 유압실린더에는 유체(기름)공급의 이상으로 발생할 수 있는 비상 상태를 대비하여 공급된 유체(기름), 또는 유압력을 그대로 유지시키기 위해서 필요한 차단 장치가 포함 된다.

4.2 각종 센서류

(1) 각도센서

각도센서는 틸팅 차체(bogie frame)에 취부되어

유압실린더의 유압력에 의해서 틸팅차체에 틸팅 구동이 발생할 때 일어나는 각도의 변화를 측정한다. 이는 제어시스템에 의해서 유압실린더에 입력되는 목표 틸팅각(유압력으로 환산)을 생성하기 위해서 유압실린더의 모터 블록이 유체(기름)을 펌핑할 때 기울어지는 틸팅차체의 틸팅각을 feedback 함으로서 제어목표치에 해당하는 틸팅각에 틸팅차체가 도달했을 때 모터 블록의 펌핑을 멈추도록 하기 위함이다.

(2) 변위센서

변위센서는 유압실린더의 유압액츄에이터에 취부되어 유압액츄에이터의 선형 길이 변화를 측정한다. 이는 틸팅차체의 각도 변화에 대한 틸팅액츄에이터의 선형길이 변화를 측정하기 위함이고 이를 측정함으로써 틸팅각과 틸팅액츄에이터 사이의 상호 선형적인 상관관계를 규명하는 것이 가능하다. 또한 틸팅액츄에이터의 변위센서 값은 제어시스템으로 feedback 되며 제어시스템은 틸팅액츄에이터의 변위센서 값과 제어시스템에 미리 저장된 틸팅액츄에이터의 stroke 제한 값과 비교하여 틸팅액츄에이터의 제한 stroke 값을 넘지 않도록 제어함으로써 틸팅액츄에이터 및 틸팅차체를 보호하는 기능을 수행한다.

(3) 로드셀

로드셀은 틸팅액츄에이터에 취부되며 유압실린더에 의해서 틸팅액츄에이터가 구동할 때 발생하는 압력(힘)을 측정한다. 이는 제어시스템으로부터 유압 실린더에 입력되는 틸팅각을 생성하기 위해서 유압실린더의 모터 블록이 유체(기름)를 펌핑하고 이와함께 구동되는 틸팅액츄에이터의 구동력(힘)을 로드셀이 측정함으로써 기존의 전기식 액츄에이터에서는 측정할 수 없었던 틸팅액츄에이터에 작용하는 부하량을 직접 측정하는 것이 가능해졌음을 의미한다. 측정된 부하량은 제어시스템으로 feedback 되며 측정된 부하량과 틸팅각과의 상관관계를 분석함으로써 틸팅각에 따라서 틸팅액츄에이터에 작용하는 부하특성을 분석하는 것이 가능하다.

4.3 제어기 및 모니터링

제어기 및 모니터링 장치는 유압실린더에 입력되어 제어하는 기준입력(틸팅각)을 생성하고, 각각의 센서들로부터 feedback 되는 신호를 수집하여 적절한 제어신호를 생성한다. 각도센서 신호는 현재 틸팅차체의

틸팅각을 제어하는데 활용되고, 로드셀 신호는 틸팅각 변화에 따라서 틸팅액츄에이터에 미치는 부하특성을 직접 측정 분석하는데 활용된다. 틸팅액츄에이터의 변위센서는 틸팅각에따른 틸팅액츄에이터의 선형적인 변위량을 측정하는데 활용된다. 이들 모든 정보는 user interface에 의해서 모니터링이 가능하고 모니터링 된 정보는 저장매체에 기록 저장된다. 또한 제어기는 틸팅액츄에이터의 이상동작에 대비한 비상제어 routine 이 포함되어 있으며 각각의 비상제어 시나리오에 따라서 비상상황 발생시 구동된다.

제어기의 중요한 기능중의 하나는 차량의 앞쪽과 뒤쪽에 위치하고 있는 틸팅 차체(bogie frame)에 각각 설치되는 유압실린더의 동작상태를 동기화시킴으로써 앞쪽차체와 뒤쪽차체가 오차 없이 동시에 틸팅차체에 틸팅각이 생성될 수 있도록 하는 동기화 제어 기능이다. 동기화제어 기능이 없으면 양쪽 틸팅차체에 발생하는 틸팅각의 차이로 인해서 차량에 트윗스트가 발생하여 치명적인 구조적 결함을 차량에 일으킬 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 한국형 틸팅 열차인 한빛 200의 틸팅 메커니즘을 분석하고, 틸팅메커니즘 기구학적 성능평가 시험장치 개발을 위한 유압실린더 및 주변 장치 구성에 대해한 개념적인 설계를 수행 하였다. 추후에 수행될 본장치의 제작을 통하여 틸팅 구동시 틸팅 액츄에이터에 인가되는 부하용량을 직접 측정하는 가능해 짐으로서 틸팅부하특성의 보다 면밀한 해석에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1]. W. H. You, S. H. Han, N. P. Kim G. D. Kim and K. B. Park (2002) The Study for System Design of Tilting Car for Conventional Railroad, Proc. Korea Society For Railway Spring Annual Meeting, pp. 317-329
- [2]. Yong-Gul Park, Sung-Yong Choi, Youn-Tae Kim, Jung-Youl Choi (2009) Analysis of Occurrence Tendency of Rail Force According to Running the Hanvit 200 Train on Transition

Curve Track, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 12, No. 5, pp. 678-686.

[3]. Kimiaki SASAKI (2000) A Lateral Semi-Active Suspension of Tilting Train, QR of RTRI, Vol. 41, No. 1, pp.11-15.

[4]. Argyrios Christou Zolotas (2002) Advanced Control Strategies for Tilting Trains, Doctor of Philosophy of Loughborough University.

[5]. Mamoru ENOMOTO, Shogo KAMOSHITA,

Masako KAMIYAMA, Kimiaki SASAKI, Toshihiro HAMADA, Akihito KAZATO (2005) Development of Tilt Control System Using Electro-Hydraulic Actuators, QR of RTRI, Vol. 46, No. 4, pp.219-224.

[6]. Jung-Seok Kim, Nam-Po Kim (2005) Characterization of the Tilting Link Mechanism for the Tilting Train, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 8, No. 1, pp. 34-40.