

# 차량 구동축의 능동 진동 감쇠 시스템 개발

## Development of an Active Vibration Damping System for Vehicle Driveshaft

박정현\* · 이광희\* · 이철희† · 박정률\*\*

Jeong-Hyeon Bak, Kwang-Hee Lee, Jeon-Lyul Park, Chul-Hee Lee

### 2. 본 론

#### 1. 서 론

차량 기술이 발전함에 따라 차량의 성능 증가와 더불어 현대에는 승차감에 대한 연구들도 점점 증가되고 있다.<sup>(1),(2),(3)</sup> 승차감에 큰 영향을 주는 요소 중 하나는 차체의 진동과 소음이다. 이러한 차량의 진동과 소음을 줄이기 위해 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 한 예로, En Rong Wang은 MR-damper를 이용하여 차량의 서스펜션을 제어하는 연구를 진행하였다.<sup>(4)</sup> 차량의 진동하는 부분 중 하나로 구동축이 있다. 구동축은 차량의 엔진의 동력을 바퀴로 전달하는 부품으로, 그에 따라 엔진에 의해 가진된다. 엔진은 차량의 운행 중, 다양하게 변하기 때문에 엔진의 회전수가 구동축의 고유 진동수와 일치하는 경우가 생기게 되고, 이 경우 구동축은 공진하게 된다. 공진은 큰 진동과 소음을 유발하기 때문에 운전자 및 탑승자의 승차감에 큰 영향을 준다. 그러나 이러한 차량의 구동축의 진동 감쇠에 관한 연구는 아직 미미한 상태이다. 따라서 본 연구는 차량 구동축의 진동감쇠를 목표로 하여 진행한다. 본 연구에서는 구동축의 진동이 공진으로 일어난다는 점을 감안하여, 엔진의 RPM에 따라 능동적으로 구동축의 고유 진동수를 이동시켜 구동축의 공진 자체를 피함으로써 공진으로 인한 진동과 소음문제를 해결한다.

#### 2.1 능동 댐핑 시스템

구동축의 진동은 엔진의 회전을 통한 가진으로 인해 발생하는 공진현상 때문이다. 본 연구에서는 이러한 공진 현상을 피하기 위하여 물체의 고유진동수를 능동적으로 변경하여 늘 공진이 일어나지 않게 하는 해결책을 제시한다. 일반적으로 단일 물체의 고유진동수는 다음과 같이 식 (1)로 나타낸다.

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

따라서 물체의 고유진동수를 바꾸기 위해서는 일반적으로 물체의 스프링상수  $k$ 나 물체의 질량  $m$ 을 바꾸주면 된다. 그 중 본 연구에서는 구동축의 질량을 바꾸는 방법을 이용하려 한다. 이를 위해 전자석을 이용하여 Fig. 1과 같이 댐핑 시스템을 구성하였다.

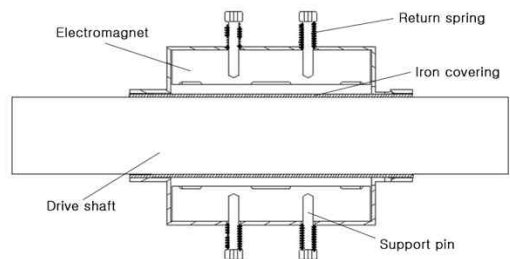


Figure 1 Active damping system

이 능동 댐핑 시스템은 질량체와 액츄에이터 역할을 하는 전자석, 전자석이 달라붙을 구동축 위의 쇠로 된 내부 구조물 그리고 구동 해제 시 빠른 복

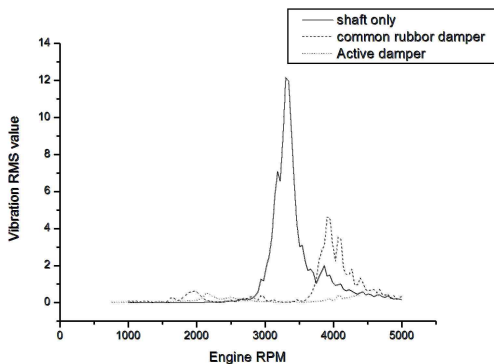
† 교신저자; 정회원, 인하대학교 기계공학과  
E-mail : chulhee@inha.ac.kr

Tel : 032-860-7311, Fax 032-873-7311:

\* 인하대학교 기계공학과

\*\* 서한산업(주)

귀를 위한 복귀 스프링으로 이루어진다. 전자석에 전류가 흐를 시, 전자석이 구동되어 구동축에 달라 붙게 된다. 이 때 전자석이 이상적으로 잘 붙어 있다면, 전자석은 마치 구동축과 하나인 강체와 같이 움직이며, 이것으로 구동축의 질량이 증가한 것과 같은 효과를 볼 수 있으며 그에 따라 구동축의 고유 진동수가 이동한다. 전자석이 작동하지 않을 때에도, 전자석의 질량과 복귀 스프링으로 인하여 전자석은 Tuned Mass Damper (TMD)의 역할을 하여, 구동축의 공진 피크를 분산시킨다. 그 자체로도 이미 훌륭한 댐퍼 역할을 하지만 TMD 역시 공진 현상이 없는 것이 아니기 때문에 이 공진점 근처에서 고유 진동수를 이동시키면 구동축의 진동과 소음을 보다 줄일 수 있다.



**Figure 2** Comparison of vibration characteristics of various case

Fig. 2는 실제 차량에 장착된 구동축의 여러 케이스별 진동특성을 측정한 결과이다. 가장 짙은 실선은 특별한 댐퍼 없는 구동축만의 진동특성을 보여준다. 정상시의 진동은 거의 존재하지 않지만 공진시의 진동이 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 그보다 옅은 선은 기존에 쓰이는 상용 고무 댐퍼를 사용했을 때 구동축의 진동특성을 보여준다. 고유 진동수가 이동하였고 전혀 장착하지 않았을 때와 비교하여 공진시의 진동이 크게 감소되었지만, 아직 공진시의 진동이 눈에 띄게 남아 있다. 가장 옅은 선은 본 연구의 능동 진동 감쇠 댐퍼를 사용했을 시로, 앞선 두 가지 경우들에 비하여 크게 진동이 감소하였으며, 그 외에도 특별한 공진점을 찾아보기 힘들 정도로 진동의 피크 점 또한 거의 보이지 않는다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 전자석을 이용하여 능동적으로 작동하는 댐핑 시스템을 제작하여, 차량 구동축의 고유진동수를 이동시킴으로써, 구동축의 진동을 크게 감쇠시켰다. 본 연구는 능동형 댐핑 시스템으로, 전기적 동력을 필요로 한다는 단점이 있으나, 전자석 자체의 전력소모도 적고 동력이 존재하지 않을 시에도 TMD로 작동하는 점이 이러한 단점을 보완해 준다. 추후, 보다 나은 댐핑 작동을 위해 전자석의 질량과 그로 인해 이동하는 고유 진동수를 더 세밀하게 조정해 줄 필요가 있다.

### 후 기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- (1) S. Huseinbegovic, O. Tanovic (2009). Adjusting stiffness of air spring and damping of oil damper using fuzzy controller for vehicle seat vibration isolation, Control and Communications, pp.83-92
- (2) M.C. Best (1998), Nonlinear optimal control of vehicle driveline vibrations, Control '98. UKACC International Conference, Volume 1, pp.658-663
- (3) WEI, Wei ZHAO, Xinggong (2007) Analysis on Vibration and Noise of Vehicle Wheel, Noise and vibration control, v.27 no.4, 2007, pp.99-102
- (4) En Rong Wang, Xiao Qing Ma, S. Rakheja, Su, C.-Y. (2003). Semi-active Control of Vehicle Vibration with MR-dampers, Decision and Control, Volume 3, pp.2270-2275