

세탁기용 저마찰 MR 댐퍼의 설계 및 해석

Design and Analysis of Low Friction MR Damper for Washing Machine

성민상* · 전준철* · 최승복†
Min-Sang Seong, Juncheol Jeon and Seung-Bok Choi

1. 서 론

21 세기에 들어서 사람들의 생활 수준과 삶의 질이 향상되면서 가전 제품의 생활 편의성에 대한 소비자의 관심이 커지고 있다. 이에 따라 세탁기, 에어컨, 냉장고 등 가전제품의 진동, 소음이 중요한 문제로 부각되고 있으며, 제조 업체 들은 초기 개발 단계부터 진동과 소음을 줄이기 위한 많은 노력과 투자를 기울이고 있다. 세탁기의 경우 축의 회전 방향에 따라 수직형 세탁기와 수평형 드럼 세탁기로 분류할 수 있는데, 최근에는 세탁 품질, 환경 및 에너지 측면에서 유리하고 다양한 부가기능을 갖춘 드럼 세탁기의 수요가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 드럼 세탁기는 작동 시 세탁물의 불균형 질량으로 인해 큰 소음과 진동이 발생하여 문제가 되고 있다. 따라서 이와 같은 드럼 세탁기의 소음과 진동을 분석하고 감쇠시키기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 그러나 기존의 연구는 공진에서의 과도 진동이나 고속 회전 시의 진동 중 한가지는 효과적으로 억제할 수 있으나, 두 가지의 진동을 모두 효과적으로 억제할 수 있는 방안은 아직까지 뚜렷이 제시되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 공진에서의 과도 진동은 물론 고회전 시의 진동까지 효과적으로 감쇠시킬 수 있는 저마찰 MR 댐퍼를 제안한다.

2. 드럼 세탁기

Fig. 1에 일반적인 드럼 세탁기의 구조를 도시하였다. 드럼 세탁기는 캐비닛 내부에 터브(tub)와 드

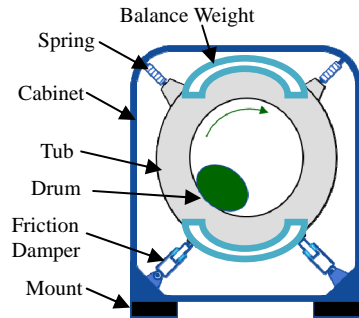


Fig. 1 Configuration of washing machine

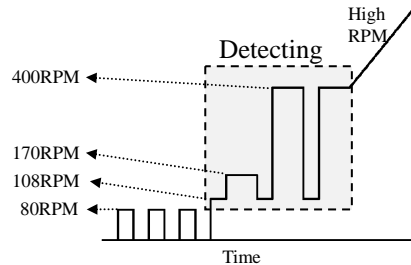


Fig. 2 Spin-dry mode

럼(drum)이 스프링과 마찰 댐퍼로 지지되어 있다. 드럼은 세탁과 행굼 행정에서 약 50~60rpm 으로 회전하며, 탈수 행정 시에는 Fig. 2 에 도시된 바와 같은 탈수 과정을 거치게 된다. 탈수 행정을 구체적으로 살펴보면 먼저 80rpm 의 회전과 정지를 반복하며 영킨 세탁물을 분산시킨 뒤, 108-170-108-400-108-400rpm 으로 회전 속도를 변경하며 불균형 질량을 감지하는 과정을 거친다. 이후 최종적으로 고속으로 회전하며 실제 탈수를 진행하게 된다. 이때 불균형 질량을 감지하는 과정에서 세탁기의 공진 속도인 200~350rpm 을 반복적으로 넘나들게 되며, 이로 인하여 과도 진동이 발생하게 된다. 따라서 마찰 댐퍼를 장착하여 과도 진동을 감쇠시킨다. 한편, 감지 과정을 마친 뒤 실제 탈수 행정 시에는 400~1200rpm(일반적으로 1080rpm)으로 탈수를 진행하는데, 이와 같은 고속 회전 시 마찰 댐

† 교신저자; 정희원, 인하대학교 기계공학과
 E-mail : seungbok@inha.ac.kr
 Tel : (032)860-7319, Fax : (032)868-1716
 * 인하대학교 기계공학과

퍼는 댐퍼로서 기능하지 못하고 마찰로 인해 탄성체와 같은 거동을 하여 캐비닛으로 진동 전달을 하게 된다. 이로 인하여 캐비닛에서 큰 진동과 소음이 발생한다. 따라서 드럼 세탁기의 댐퍼는 과도 진동을 확실하게 감쇠시키고, 고속 회전 시 방진 성능을 갖추어야 한다. 이에 본 연구에서는 세탁기의 진동 제어를 위한 반응동 저마찰 MR 댐퍼를 개발한다.

3. 저마찰 MR 댐퍼

Fig. 3는 새로운 세탁기용 저진동 MR 댐퍼의 구성도이다. 세탁기용 댐퍼에서 요구되는 댐핑력은 약 80N으로 비교적 작은 편이다. 따라서 MR 댐퍼의 유로 간극을 넓게 하여도 요구 댐핑력을 충족시킬 수 있으며, 이를 통해 유체 저항을 크게 낮출 수 있다. 또한 피스톤 헤드와 실린더 사이에는 작은 구슬을 넣어 볼베어링과 같이 작용할 수 있도록 한다. 이를 통해 피스톤 헤드와 실린더 사이에서 발생하는 마찰을 매우 작게 만들 수 있다. 본 연구에서 제안한 저마찰 MR 댐퍼는 유로 간극을 3mm로 설정하고, 작동 변위를 $\pm 40\text{mm}$ 로 설정하였으며, 총 길이를 비롯한 주요 설계 요소는 기존 세탁기에 적용되는 마찰 댐퍼와 동일하게 설정하였다.

이와 같은 MR 댐퍼의 댐핑력은 다음과 같이 모델링 될 수 있다.

$$F_d = k_e x_p + C_e \dot{x}_p + F_{MR} \quad (1)$$

여기서 x_p , \dot{x}_p 는 각각 피스톤의 변위와 속도이며, k_e 는 가스의 탄성, C_e 는 유체의 댐핑 계수이다. F_{MR} 은 자기장에 의해 발생하는 힘으로, 다음과 같이 표현된다.

$$F_{MR} = (A_p - A_r) P_{MR} \text{sgn}(\dot{x}_p) \quad (2)$$

여기서 A_p , A_r 은 각각 피스톤과 피스톤 로드 면적이며, P_{MR} 은 자기장에 따른 유체의 항복응력 변화로 인한 댐퍼 내 압력 강하로, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{MR} = 2 \frac{c L_p}{h} \alpha H^\beta \quad (3)$$

여기서 H 는 인가되는 자기장이다. c 는 유체의 속도와 관계된 계수이며, L_p 는 자극의 길이이고, h 는 유로의 간극이다. 또한 α , β 는 인가 자기장에 의한 MR 유체의 항복응력을 나타내는 빙햄(Bingham) 모델의 계수이다.

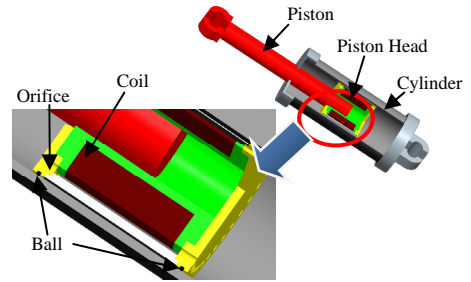


Fig. 3 Configuration of low friction MR damper

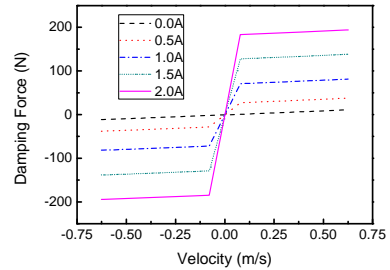


Fig. 4 Damping force characteristics

Fig. 4는 위의 모델로부터 해석한 저마찰 MR 댐퍼의 댐핑력 성능 그래프이다. Fig. 4에서 보듯이 제안된 MR 댐퍼의 기본 댐핑력은 약 13N으로 매우 낮아 고회전시의 방진 성능을 기대할 수 있으며, 최대 댐핑력은 약 190N으로 과도 진동을 효과적으로 제어하기에 충분한 댐핑력을 보이고 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 드럼 세탁기용 저마찰 MR 댐퍼를 설계, 모델링하고 이의 성능을 해석하였다. 본 연구를 통해 제안된 저마찰 MR 댐퍼는 낮은 마찰력으로 고속 회전 시 방진 성능을 확보하였으며, 자기장 인가 시 과도 진동을 제어하기에 충분한 댐핑력을 가지고 있어 드럼 세탁기의 진동을 제어하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

후 기

본 연구의 일부는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0015090)