

세탁기 진동 저감을 위한 MRE 적용 동흡진기 설계 및 제어

Design and control of absorber using Magentorheological Elastomer(MRE) for vibration reduction of washing machine

정운창* · 김진수* · 박태상* · 김지형* · 윤정민* · 오재웅†

Un-Chang Jeong, Jin-Su Kim, Tae-Sang Park, Ji-Hyoung Kim, Jung-Min Yoon and Jae-Eung Oh

1. 서 론

1970 년대 이후부터 Kelly(1982⁽¹⁾, 1987⁽²⁾)와 Su et al.(1989⁽³⁾) 등에 의해 진동으로부터 구조물을 보호하기 위한 격리면을 설치하여 구조물의 고유진동수를 가진주파수 성분보다 낮추는 진동저감 시스템에 관한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 특히, 최근에는 Elastomer Bearing, Lead Rubber Bearing, 등 다양한 개념의 진동제어 장치들이 개발되었으며 미국, 일본, 독일 등의 국가들을 중심으로 자동차나 항공기와 같은 다양한 시스템에 적용되고 있다. 다양한 개념의 진동제어 장치로서 MRE 를 동흡진기에 적용하려는 연구는 국외에서 진행되고 있었으나 최근에서야 활발히 진행되어 그 응용 사례가 많지 않으며, 실제의 동흡진기에 적용된 예는 상당히 드문 실정이다. 기존 점탄성 동흡진기의 한계로는 시간에 따라 운전조건이 변화하는 가변형 동적 시스템에서 특성 주파수 대역의 진동만을 저감시킬 수 있는 한계가 있다. 따라서 다양한 조건의 가진입력에 대한 가변형 동적 시스템의 출력을 능동 혹은 반능동형의 제어를 통하여 저감시킬 수 있는 가변형 동흡진기의 개발이 필요하며, 시간에 따라 크기와 주파수가 변화하는 다양한 입력조건에 따른 가변형 동적 시스템에서 변화하는 주파수의 진동을 저감할 수 있는 MRE 적용 동흡진기를 통하여 이에 따른 적응제어를 할 필요가 있다. 이를 위해 세탁기에 적용하기 전에 MRE 동흡진기의 성능평가를 위한 진동저감 대상체를 제작하여 성능평가를 실시할 필요가 있다.

2. MRE 동흡진기 설계

2.1 MRE 동흡진기의 기계 Part 설계

MRE의 CIP 배향은 동일한 방향의 자기장 인가 세기에 따라, 체인 형태의 클러스터를 형성하여 외부 힘에 대한 전단방향에 저항하게 된다. 따라서 MRE를 동흡진기에 적용 시 MRE 의 전단응력을 이용하여 설계하도록 한다.

CIP 체인과 진동저감 대상 시스템의 진동 방향이 서로 수직방향이 되도록 Fig. 1 과 같이 설계하였다. 또한 자기장 인가 방향이 CIP 체인과 평행하도록 자기장 인가 장치를 구성하였다. 이때 자기장 인가 장치는 자기장 인가 성능 극대화를 위해 Fig. 2 와 같이 폐회로로 설계하였다.

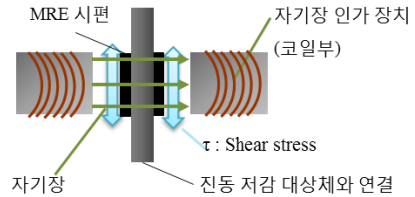


Fig.1 Mechanical Design of MRE absorber

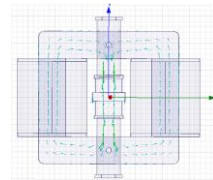


Fig.2 Design of Magnetic Flux Generator

2.2 MRE 동흡진기의 재료 Part 설계

MRE 동흡진기의 재료로서의 MRE는 두께 10mm, 이방성을 사용하였다. Base Matrix로는 Natural Rubber를 사용하였고 첨가제로는 Carbon black을 넣어 시편을 제작하였다.

† 오재웅; 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : Jae-Eung Oh

Tel : 02-2294-8294, Fax :

* 한양대학교 기계공학과

2.3 MRE 동흡진기의 자기장 Part 설계

반응표면법을 이용하여 자기장 인가장치의 인가 자기장을 최대, 자기장 인가장치의 길이를 최소로 최적화를 실시하였다. 각 설계 인자는 Fig. 3에 나타내었다. 또한 최적화 결과를 Fig. 4 와 Table 1에 나타내었다.

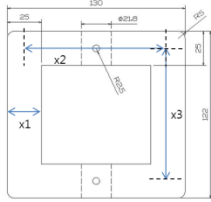


Fig. 3 Design parameter of Magnetic Flux Generator

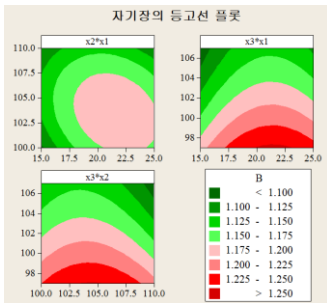


Fig. 4 Magnetic Flux Contour

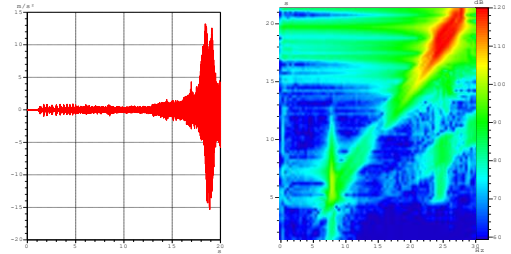
Table 1 Analysis order and result

order	x1 [mm]	x2 [mm]	x3 [mm]	B [Tesla]
1	15	100	102	1.13
2	25	100	102	1.16
3	15	110	102	1.11
4	25	110	102	1.07
5	15	105	97	1.17
6	25	105	97	1.26
7	15	105	107	1.06
8	25	105	107	1.14
9	20	100	97	1.21
10	20	110	97	1.22
11	20	100	107	1.12
12	20	110	107	1.10
13	20	105	102	1.19
14	20	105	102	1.20
15	20	105	102	1.18

최적화 결과 반응표면법을 이용하여 자기장인가장치는 단면적(x1)이 클수록 자기장이 크며 최종적인 형상은 x1이 25mm, x2가 105mm, x3가 97mm 가 되었다.

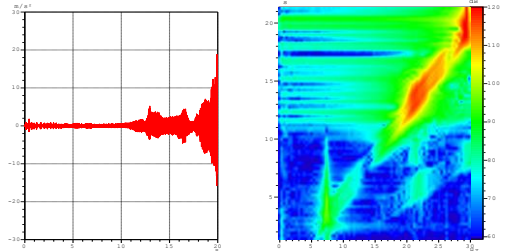
3. MRE 동흡진기의 진동저감 성능 평가

MRE 동흡진기의 진동저감 성능 평가를 위하여 모터의 회전에 의한 가진 주파수를 알기 위해 모터 제어 신호와 가진 rpm의 관계를 규명하고 LABVIEW를 이용한 제어 Map을 구성하여 On-line 진동 제어 성능을 확인하였다. 이를 위해 MRE 동흡진기의 적용 전과 후의 시간응답과 주파수응답 함수를 비교하였다.



(a) Time response data (b) Frequency response data

Fig. 5 Before the MRE absorber applied



(a) Time response data (b) Frequency response data

Fig. 6 After the MRE absorber applied

MRE 동흡진기 적용 전의 결과를 보면 Fig. 5(a)에서 27~29초 구간에서 과도응답이 발생함을 확인하였으며 Fig. 5(b) 25Hz에서 27Hz의 넓은 범위의 공진 주파수를 갖는 것을 알 수 있다. 그러나 MRE 동흡진기 적용 후에 Fig. 6(a)를 보면 27~29초 구간의 과도응답이 저감 됨을 확인하였으며 Fig. 6(b)에서 볼 수 있듯이 25~27Hz의 진동이 저감됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

MRE 적용 동흡진기를 설계하고 Map 제어를 이용해 가변하는 입력에 따른 넓은 주파수 대역에서 공진을 갖는 대상체의 진동 저감을 수행하였다.