

전자식 능동 엔진 마운트 성능 최적화

Performance Optimization of Electromagnetic Active Engine Mount

김원규† · 김연수* · 이완철* · 홍성우** · 김귀한***

WonKyu Kim, YounSu Kim and WanChul Lee and SungWoo Hong and GuiHan Kim

Key Words : Electromagnetic(전자식), Engine Mount(엔진 마운트), Actuator(구동기), Active Engine Mount(능동형 엔진 마운트), Elastomer Test System(동특성 시험기)

ABSTRACT

Recently, the interest in technologies for a highly efficient powertrain, i.e. a variable displacement engine or a light weight car body, to improve the fuel efficiency of automobile saving the environment has been increased. However this trend deteriorates NVH performance of a vehicle and the use of a conventional engine mounting system becomes unsatisfactory. In order to solve this dilemma, an active engine mounting system that could isolate or cancel out vibrations occurred at the powertrain was suggested.

In this paper, In order to optimize the electromagnetic active engine mount performance, the actuator of the engine mount through FEM analysis and optimal design, noise and elastomer testing of the prototype through the optimal design of actuators for the electromagnetic active engine mount on the impact of the performance improvement is verified.

기 호 설 명

Kd : 동강성

FEM : 유한요소법

1. 서 론

현재 환경적 요인과 고유가 시대에 따른 자동차의 연비 향상으로 인하여 엔진의 고풍력 및 자동차의 경량화가 중점이 되고 있는 상황이다. 하지만 이로 인하여 엔진의 소음 진동이 커지고, 차체의 경량화로 작은 가진원에 의해서도 소음진동의 유발이 점점 커지고 있다. 최근에는 파워트레인의 다양한 진동원의 효과적인 절연을 위하여 능동형 엔진 마운트

를 개발 연구 하고 있다. 일반적인 능동 엔진 마운트는 기존 하이드로 마운트 내부에 제어력을 발생시키는 구동기를 포함하며, 구동기와 연결된 가동판의 운동에 의해 마운트의 동특성을 낮추는 구조로 되어 있다. 능동 엔진 마운트는 사용하는 구동기의 타입에 따라 그 작동 범위와 힘의 크기가 달라지는데, 전자식, 공압식 그리고 전동식이 있다. 능동 마운트의 성능을 확보하기 위해서는 구동기가 가동판의 충분한 힘과 변위를 만들어 줄 수 있어야 하고, 주고무 특성과 액실의 크기, 가동판의 특성 등이 최적화 되어야 한다. ^{(1)~(4)} 본 논문에서는 전자식 능동형 엔진 마운트 기존 모델의 문제점을 극복하고 성능을 개선을 하고자 개선 모델을 제안하고 두 모델의 구동기 부분을 FEM 해석을 통해서 분석하였으며, 실제 시제품을 제작하여 엔진 마운트의 동특성 및 작동소음을 비교하여 개선된 성능을 확인하였다.

† 교신저자; 대동모벨시스템(주)
E-mail : wkkim@ddmvs.co.kr
Tel : (031)496-6987, Fax : (031)496-8620

* 대동모벨시스템(주)

** 대동시스템(주)

***아이아(주)

2. 전자식 능동 엔진 마운트 최적 설계

본 장에서는 제 2.1절에서 전자식 능동 엔진 마운트를 간단히 소개하고, 제 2.2절에서는 FEM 해석을 통해서 구동기의 기존 모델과 개선 모델의 기저력에 의한 흡인력의 차이를 찾고자 하였으며, 제 2.3절은 2.2절의 FEM 해석을 기반으로 시제품을 제작하고 구동기의 가진판 가진변위 특성 시험 환경을 구축하여 가진변위의 특성을 비교 분석 하였다. 제 2.4절에서는 엔진 마운트의 소음 측정과 동특성 시험기를 이용하여 시제품의 동특성을 비교 분석하는 과정을 통해서 개선된 성능을 확인하고자 하였다.

2.1 전자식 능동 엔진 마운트

전자식 능동 엔진 마운트는 기존 하이드로 마운트의 주액실에 가진판을 설치하고, 그 하부에 전자식 구동기를 장착하여 전자식의 제어를 통해 가진판을 작동시킴으로써 주액실의 압력을 조절하여 동특성을 최대로 낮추는 시스템이다. 그림 1은 본 논문에서 제안하고 있는 전자식 능동 엔진 마운트의 구조를 나타내었다.

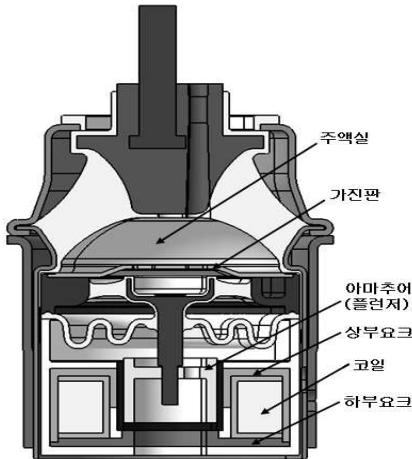


Fig 1. 전자식 능동 엔진 마운트 구조

2.2 FEM을 이용한 전자기 특성 비교 분석

본 절에서는 FEM 해석을 통해서 구동기의 기존 모델과 개선 모델의 기저력에 의한 흡인력의 차이를 찾고자 하였다.

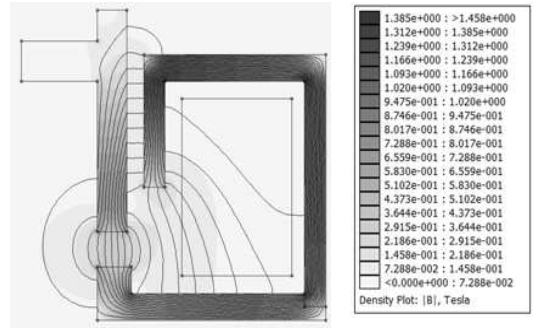


Fig 2. 구동기 기존 모델 FEM 해석

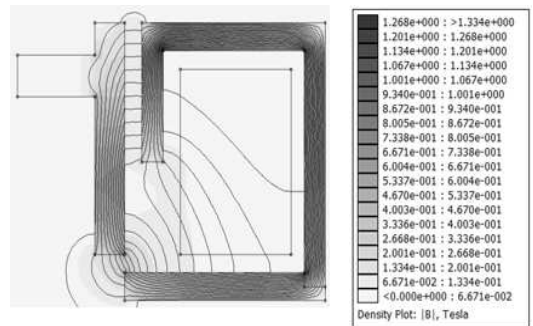


Fig 3. 구동기 개선 모델 FEM 해석

그림 2는 기존 모델의 구동기를 FEM 해석 한 그림이다. 기존 모델은 플러저가 가진할때 하부요크와 맞닿는 구조로 되어 있어서 그 이상의 가진을 할 수 없는 구조이다. 그래서 기존 모델의 경우 비교적 작은 주파수 영역대의 전압이 인가되었을 경우 플러저가 하부요크를 치는 형상으로 인해서 소음과 진동이 발생하는 문제 점이 있었으며 고차성분 발생 과 흡입력이 센 영역을 활용하지 못하는 구조 였다. 따라서 그림 3의 구동기 개선 모델은 힘의 과도한 비선형성을 개선하여 고차성분 발생(가진판의 자유 진동)을 줄였으며 기존에 사용하던 영역보다 힘이 센 영역을 활용할 수 있는 구조로써 하부요크의 형상을 개선하여 성능 개선이 가능 한 구조로 설계하여 그 특성을 분석 하였다.

그림 4는 FEM 해석을 통해서 플러저의 위치에 따른 기저력의 세기에 의한 흡인력의 차이를 타나낸 그림으로서 하부요크를 기준으로 일정 높이 까지는 두 모델의 기저력은 비슷한 크기를 가지고 있지만 플러저의 위치가 하부요크와 가까워 질수록 모델의

기차력이 월등히 세다는 것을 알 수 있다. 이는 그림 2의 구동기 구조에서 알 수 있듯이 자로의 형성이 개선 모델의 구조 보다 용이 하게 설계되었기 때문이다. 하지만 이로 인해서 필요 이상의 흡인력을 발생하게 되고 소음 및 진동의 원인이 된다. 반면 개선 모델의 경우 전 구간에서 비교적 고른 힘의 분포를 가지고 있음을 알 수 있다.

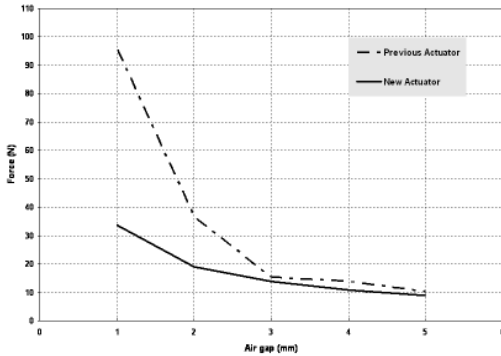


Fig. 4. 플러저 위치에 따른 흡인력 특성 비교

2.3 가진판 가진변위 특성 비교

본 절에서는 2.2절의 FEM 해석을 기반으로 시제품을 제작하고 구동기의 가진판 가진변위 특성 시험 환경을 구축하고 가진변위의 특성을 비교 분석 하였으며, 기존 모델에서 사용 할 수 없었던 영역의 개선을 증명 하고자 하였다.

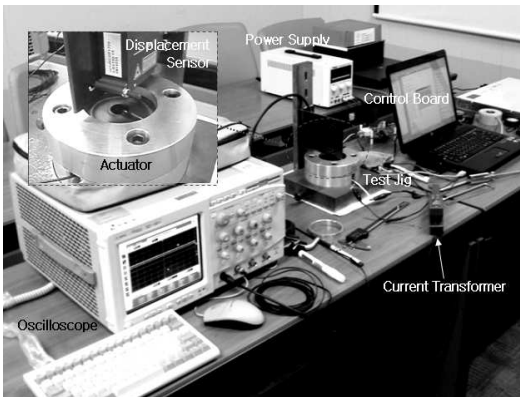
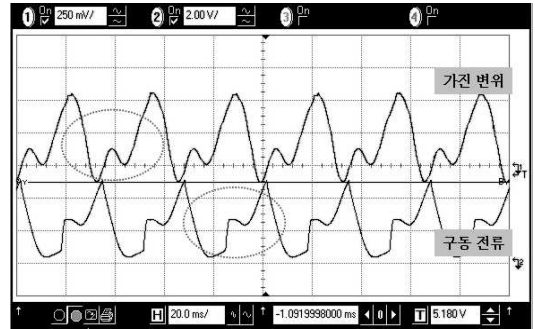


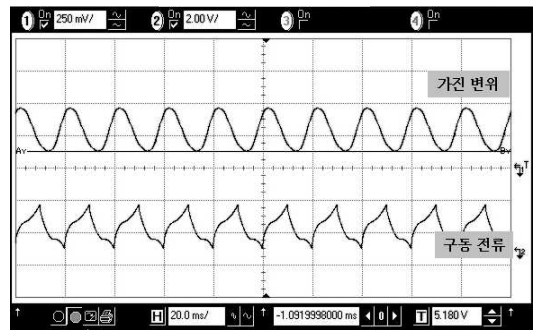
Fig. 5. 가진변위 특성 시험 환경

그림 5는 구동기의 가진변위 특성 시험 환경을 나타 내었으며, 구동기 전용 지그를 제작하고 가진

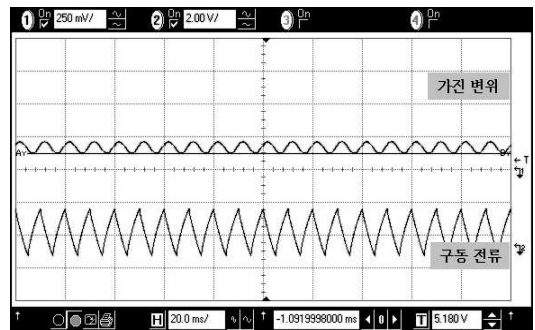
변위의 측정을 위해 변위 센서를 구성 하였다. 구동기의 운전을 위해서 전용 제어를 사용하여 30~100Hz 의 구형과 전압을 인가 하였다.



(a) 30Hz 가진 변위



(b) 50Hz 가진 변위



(c) 100Hz 가진 변위

Fig.6 기존 모델의 각 주파수대의 플러저 변위

그림 6은 기존 모델을 주파수대 별 구형과 전압을 인가하였을 경우 플러저의 가진 변위와 구동 전류를 나타낸 그림이다. 그림 6의 (a)는 자동차의 아이들 상태와 유사한 진동을 갖는 30Hz 구형과 전압을 인가하였을 경우의 특성 파형으로 점선의 동그라미 부분이 반복되는 현상은 30Hz 영역에서 플러저

가 가진 하면서 구동기의 하부 요크를 치게 되고 바로 왜란으로 작용하는 것을 알 수 있다. 또한 이러한 현상이 엔진 마운트의 진동과 소음의 원인으로 작용한다. 그림 (b)와 (c)는 그림 (a)에 비해서 플런저의 변위 파형이 선형성을 그리며 가진 변위의 크기는 작아진다. 이는 구동 전류의 크기가 작아짐에 따라 구동기의 기자력에 의한 흡인력이 작아지는 현상과 고속 구동에서의 엔진 마운트의 복합적 요인에 의한 현상으로 볼 수 있다.

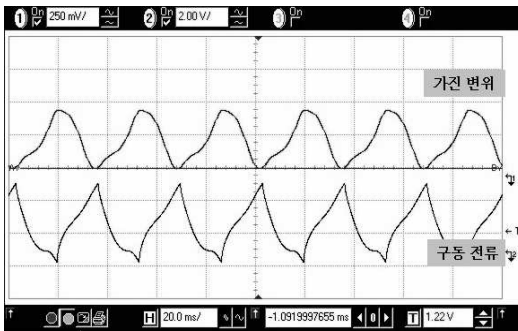
그림 7은 구동기의 개선된 모델이 적용된 엔진 마운트의 주파수대 별 구형파 전압의 인가시 플런저의 가진 변위와 구동 전류를 나타낸 그림이다. 그림 (a)에서 알 수 있듯이 기존의 모델과 다르게 선형성을 그리고 있음을 알 수 있고 이는 프런저가 가진 할 때 하부요크의 간섭을 받지 않고 구동 하고 있음을 보여 준다. 그림 (b)와 (c)는 기존 모델과 같은 특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

2.4 마운트 단품 평가

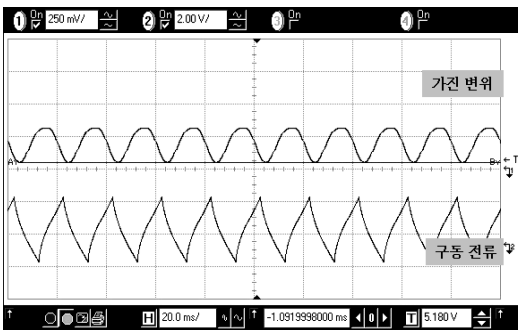
본 절에서는 엔진 마운트 단품의 소음 측정과 액티브 상태에 따른 특성 비교 분석을 통해서 개선된 엔진 마운트의 성능을 확인하고자 하였다.

(1) 소음 테스트 비교

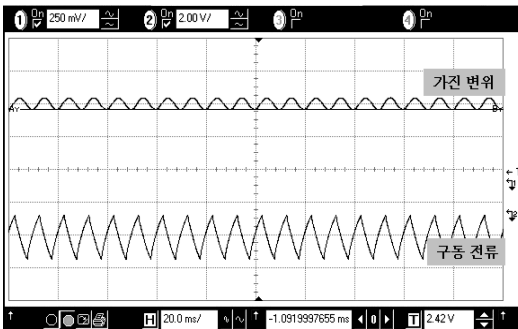
그림 8은 소음 측정 시험 환경을 나타내고 있으며 무향실에서 엔진 마운트 단품 상태로 측정 하였으며 자동차의 진동이 가장 크게 발생하는 아이들 상태의 주파수대역과 같은 30Hz의 구형파 전압 인가 상태에서 소음을 측정하고 비교 분석 하였다.



(a) 30Hz 가진 변위



(b) 50Hz 가진 변위

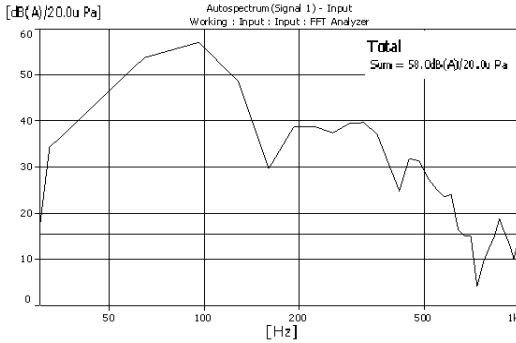


(c) 100Hz 가진 변위

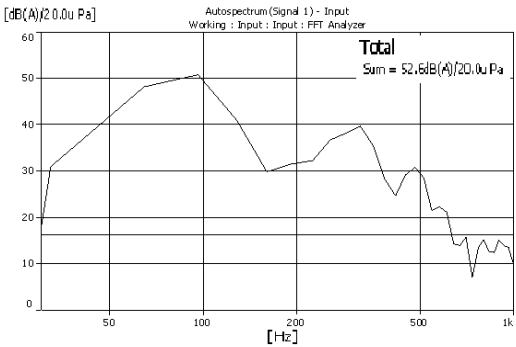
Fig 7. 개선 모델의 각 주파수대 플런저 변위



Fig 8. 엔진 마운트 단품 소음 측정 시험 환경



(a) 기존 모델 소음 측정



(b) 개선 모델 소음 측정

Fig 9. 엔진 마운트 단품 소음 측정

그림 9는 개선 전후 모델의 소음 측정 파형으로 그림 (a)의 그림에서 알 수 있듯이 기존 모델의 총 소음은 58dB를 나타내고 있으며 최대 소음 또한 약 58dB를 보인다. 그림 (b)의 개선 모델에 대한 총 소음은 52.6dB이며 최대 소음은 약 50dB를 나타내고 있다. 두 데이터를 비교 해보면 개선 모델이 기존 모델에 비해서 약 6dB의 소음이 줄고 있음을 알 수 있다. 또한 그래프에서 소음의 피크점은 공진 점을 나타내고 있으며 개선 모델의 피크점이 감소한 것은 엔진 마운트의 자유진동량의 감소로 인한 결과 값이라 할 수 있다.

(2) 액티브 성능 비교

그림 10은 엔진 마운트의 동특성 테스트 환경을 나타 내었으며, 자동차 엔진의 진동을 재현 하기 위하여 동특성 시험기를 이용하였고 엔진 마운트의 구동을 위해서 전용 제어기를 사용하여 30~100Hz 의 구형파 전압을 인가 하였다.

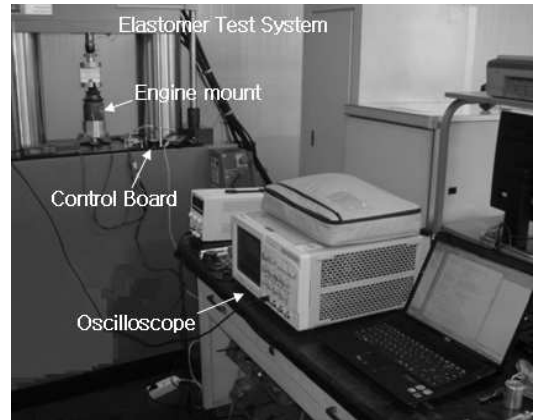


Fig 10. 엔진 마운트 동특성 테스트 환경

그림 11은 동특성 시험기를 이용하여 제어기의 On/Off에 따른 진동 특성을 비교 분석하고 동강성의 저감을 나타내었다. 그림에서 상단부 실선은 제어기 Off일때 동특성 시험기만을 동작 시킨 상태에서 자동차에서 엔진 마운트의 무동작 상태와 같은 상황을 재현 한 것으로 전 주파수대에 걸쳐 기존의 모델에 비해서 개선 모델의 동강성이 약 2 kgf/mm 작다는 것을 알 수 있다.

그림 하부의 점선 파형은 제어기가 On 상태일 때

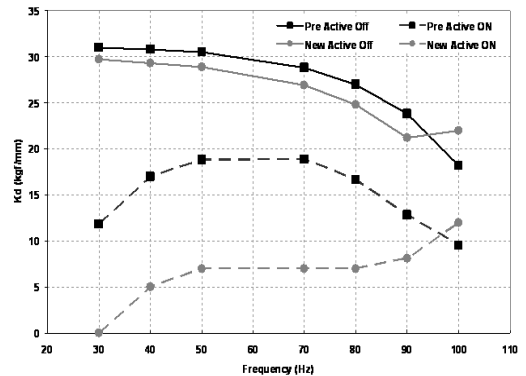


Fig 11. 엔진 마운트 동특성 비교 분석

의 동강성을 측정한 결과로서 개선 전후의 모델 모두 동강성을 저감 시키고 있지만 개선 모델의 경우 기존 모델의 동강성 저감에 비하여 월등한 특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 전자식 능동 엔진 마운트의 FEM 해석을 통해서 구동기의 기존 모델과 개선 모델의 기저력에 의한 흡인력의 차이를 확인하고, 구동기의 가진판 가진변위 특성 시험 환경을 구축하여 가진변위의 특성을 비교 분석 하였다. 또한 시제품을 제작하여 엔진 마운트의 작동소음 및 동강성을 비교하여 개선 모델의 개선된 성능을 확인 하였다.

전자식 능동 엔진 마운트의 동강성 및 진동 소음의 저감 개선에 대한 여러 인자 중 구동기의 최적 설계로 성능의 개선을 도출 할 수 있었으며 향후에는 이를 기반으로 실차 테스트를 통해서 실제 성능을 비교 분석하여 새로운 모델의 적합성을 검증하고자 한다.

후 기

본 연구는 지식 경제부 부품소재기술개발사업 “능동형 엔진 마운트 시스템 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) JH Kim, JS Kim, 2009, Development of Active Engine Mounting System, Journal of KSNVE, v.19, no.3, pp.7~12
- (2) S.Hong, H.Lee, S.Choi, J.Kim, D.Lee., 2008, Development of Electromagnetic Active Engine Mount., Korean Society for Noise and Vibration Engineering., 2008 Symposium., pp. 280~281
- (3) J.Kim, D.Lee, S.Hong, C.Bae, S.M.Hong., 2009, Vehicle Test of Electromagnetic type Active Engine Mount., Korean Society for Noise and Vibration Engineering., 2009 Symposium., pp. 486~487
- (4) H.Lee, S.Hong, S.Choi, J.Kim., 2009, Vehicle Test of Electromagnetic type Active Engine Mount., The Korean Society of Automotive Engineering., 2009 Annual Conference., pp.2492~2495