

특집

차량용 능동 엔진 마운트

능동형 엔진 마운팅 시스템 개발 동향

김정훈*, 김재산
(현대자동차)

1. 개발 배경

엔진 마운팅 시스템의 기본 역할은 파워트레인을 안정적으로 지지하는 동시에 차체로 전달되는 가진력을 절연하는 것이다. 그런데, 파워트레인을 안정적으로 지지하려면 마운트의 정강성이 커야하는 반면에 효과적인 진동절연을 위해선 마운트의 동강성이 작아야 하는 상반된 설계 조건이 요구된다. 지금까지는 이러한 상반된 설계 조건을 고무재료 자체의 동강성을 낮추기 위한 많은 연구개발을 통해 만족시키고자 하였으나 그 물리적 한계로 결국 기존 엔진 마운팅 시스템은 위와 같은 두 가지 상반된 설계조건을 적당한 수준에서 절충(trade-off)하는 방안을 도출할 수밖에 없었다.

최근 고유가로 인하여 연비 향상에 대한 소비자의 관심이 증가하고 세계 각국에서 배기가스에 대한 규제가 심해지면서 자동차의 연비를 향상시켜 환경을 보호하기 위해 자동차 업계에서는 차체 경량화 기술과 함께 파워트레인의 고효율화 기술 개발이 활발히 추진되고 있다. 고효율 파워트레인을 경량화 차체에 적용할 경우 발생하는 NVH성능의 악화를 해결하기 위해서는 새로운 개념의 엔진 마운팅 시스템 개발이 필요하

게 되었다.

이에 대한 대책의 일환으로 마운트 동특성을 가변시키는 switchable 마운트가 개발되어 사용되고 있으나, switchable 마운트는 아이들시의 낮은 동특성과 주행시 상대적으로 높은 동특성을 갖는 2가지 모드만을 구현하기 때문에 고효율 파워트레인의 다양한 운전 조건에서 NVH 특성을 개선하는 데에 한계가 있다. 따라서 마운트 동특성을 연속적으로 제어하여 폭넓은 운전조건에서도 NVH 성능을 개선할 수 있는 능동형 엔진 마운팅 시스템의 개발 필요성이 증대되고 있다. 능동형 엔진 마운팅 시스템의 적용은 차량 NVH 성능 향상을 통해 고효율 파워트레인 기술의 적용을 가능케 하여 NVH 성능 저하 없는 차량 연비 향상에 기여할 수 있을 것이다.

2. 적용 현황

2003년 일본의 혼다 자동차에서는 일본 내수용 차량인 Inspire에 고효율 파워트레인 기술 중 하나인 기통 휴지 기술을 VCM(variable cylinder management) 라는 이름으로 적용하면서 이로 인한 NVH 성능 저하를 보상하기 위해 Tokai社의 전자식 능동 엔진 마운트를 적용한 것을 시작으로

* E-mail : jhk@hyundai.com / (031) 368-5847

여러 차종에 적용해오고 있으며, 최근에는 Inspire의 수출용 모델인 Accord에도 적용되어 국내에서도 시판되고 있다. 참고로 혼다에서는 VCM 기술이 적용된 차량에 능동형 엔진 마운팅 시스템뿐만 아니라 능동 소음 제어 기술도 함께 적용중이다.

또한, 도요타 자동차에서는 아이들 진동 저감을 위하여 공압식 구동기를 사용하는 능동 엔진 마운트를 1999년 Avalon에 적용한 것을 시작으로 여러 차종에 적용하였으며, 최근에는 Lexus ES350에 혼다와는 다른 타입의 전자식 능동 엔진 마운트를 개발 적용하였다. 연비를 향상시키고 배기가스 배출규제를 만족시키기 위해 일본 자동차 업체에서는 기통 휴지 기술 등을 포함한 고효율 파워트레인 기술을 적용하는 것과 동시에 이로 인한 NVH 성능 악화를 방지할 수 있는 능동형 엔진 마운팅 시스템에 대해 집중적인 연구개발을 진행하였고 그 결과 가장 많은 차종에 대해 양산 적용해 오고 있다.

유럽에서는 1999년 독일의 DCX가 기통 휴지 기술을 적용하여 생산, 판매하였던 S500에 Vibracoustic社의 전동식 능동 동흡진기 형태의 능동형 엔진 마운팅 시스템 적용을 검토하였던 사례부터 시작되어 현재 Avon社와 Paulstra社가 Jaguar와 Peugeot 자동차에 전동식 및 공압식 능

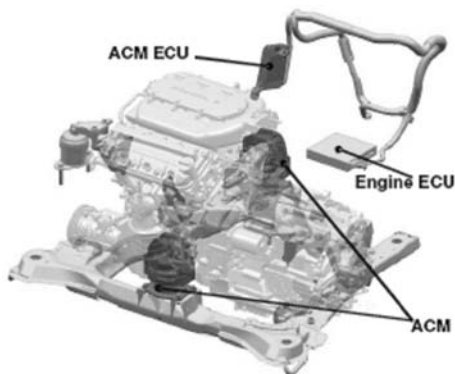


그림 1 Inspire 능동형 엔진 마운팅 시스템⁽¹⁾

동 엔진 마운트를 양산하여 공급하고 있다.

이와 같이 많은 완성차 업체들이 부품 업체와 공동으로 능동형 엔진 마운팅 시스템을 개발하여 양산 적용하고 있으며 이러한 경향은 향후에도 계속되어 그 적용 범위는 더욱 넓어질 것으로 예상된다.

3. 해외 개발 현황

일반적인 능동 엔진 마운트는 기존 하이드로 마운트 내부에 제어력을 발생시키는 구동기를 포함하며, 구동기와 연결된 가동판의 운동에 의해 마운트의 동특성을 낮추는 구조로 되어있다. 능동 엔진 마운트는 사용하는 구동기의 타입에 따라 그 작동 범위와 힘의 크기가 달라지는데, 현

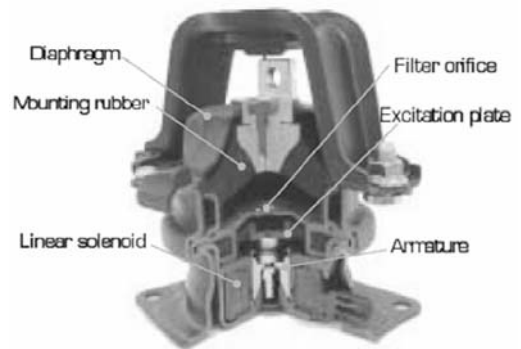


그림 2 일체형 능동형 엔진 마운트 구조⁽¹⁾
(Tokai社 전자식)

표 1 능동형 마운팅 시스템 적용 현황

지역	메이커	공급 업체	구동기 타입	비고
일본	혼다	Tokai	전자식	양산
	도요타		공압식, 전자식	양산
유럽	DCX	Vibracoustic	전동식	검토 (능동동흡진기)
	Jaguar	Avon	전동식	양산
	Peugeot	Paulstra	공압식	양산

재 양산 적용되는 능동 엔진 마운트의 구동기 타입은 앞장에서 소개된 바와 같이 크게 전자식, 공압식 그리고 전동식이 있다. 그림 2는 현재 양산 적용된, 대표적인 전자식 능동 엔진 마운트의 내부 구조를 보여주고 있다.

이외에도 구동기를 마운트 외부에 독립적으로 위치시키면 전달경로상의 진동을 역위상으로 상쇄시키는 능동 동흡진기로 사용가능하다. 이 경우에 능동 동흡진기는 엔진 마운트를 통과한 엔진 기인 진동을 상쇄하는 것이기 때문에 능동 동흡진기의 설계 및 제어로직 개발시 기존 마운팅 시스템의 특성을 함께 고려하여야 한다. 이러한 의미에서, 기존 엔진 마운트와 능동 동흡진기의 조합을 넓은 의미의 능동형 엔진 마운팅 시스템으로 볼 수 있으며, 이러한 타입은 양산 적용된 사례는 없으나 독일 Vibracoustic社 및 Trelleborg社에서 활발히 개발 진행중이다.

4. 국내 개발 현황

2007년부터 “부품소재기술개발사업”의 일환으로, 전자식과 공압식 구동기를 사용하는 일체형 능동 엔진 마운트와 전동식 구동기를 사용하는 분리형 능동 엔진 마운트의 3가지 구동기 종류, 2가지 타입의 능동형 엔진 마운팅 시스템 개발을 국내 방진고무 업체들과 공동으로 진행 중에 있다.

서술의 편의상 이 글에서는 구동기가 내재된 일반적인 형태의 능동 마운트를 일체형 능동 엔진 마운트로, 기존 엔진 마운트와 함께 사용되어 엔진 기인 진동을 상쇄하는 능동 동흡진기를 분리형 능동 엔진 마운트로 정의하고자 한다.

이 장에서는 현재 진행 중에 있는 각각의 능동형 엔진 마운팅 시스템의 개발 현황에 대하여 간략히 소개하고자 한다. 개발하고 있는 각 능동형 마운트들에 대한 구체적인 구조나 자세한 설명

들은 이어지는 원고들에서 자세히 다루어 질 것이기에 여기에서는 생략하였다.

4.1 일체형 능동형 엔진 마운팅 시스템

국내 개발이 진행중인 일체형 능동 엔진 마운트에서 동특성을 낮추기 위해 사용하는 구동기 타입은 전자식과 공압식이다. 개발되는 능동 엔진 마운트는 구동기 특성에 따라 각기 다른 개발 목표를 가지고 있다. 전자식 능동 마운트는 주행 진동 개선을 위하여 30~100 Hz 범위의 진동 제어를 목표로 개발하고 있으며, 공압식 능동 마운트는 아이들 NVH 개선을 위하여 20~50 Hz 범위의 제어를 목표로 개발하고 있다.

일체형 능동 마운트의 개발은 구동기가 가동판의 충분한 힘과 변위를 만들어 줄 수 있어야 하고, 주고무 특성과 액실의 크기, 가동판의 특성 등이 최적화되어야 한다. 이와 더불어 무엇보다 중요한 것이 안정적이며 효율적인 제어로직의 개발이다. 일체형 능동 마운트는 제어하고자 하는 진동의 경로가 명확하기 때문에 원가 중량 측면에서 유리하도록 별도의 추가 센서를 사용하지 않는 제어로직을 적용할 계획으로 개발을 진행하고 있다. 이러한 제어로직은 엔진의 운전상태 정보를 통해 엔진 가진력을 예측하고 이러한 정보를 바탕으로 하여 최적의 마운트 구동 제어 신호를 발생시킨다.

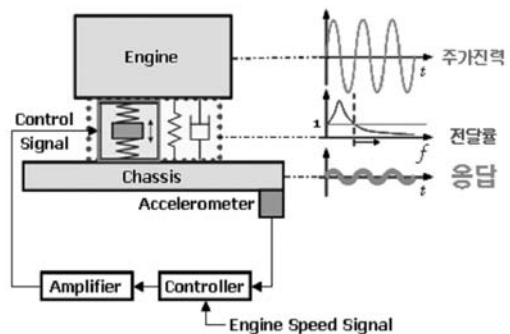


그림 3 일체형 능동형 엔진 마운팅 시스템

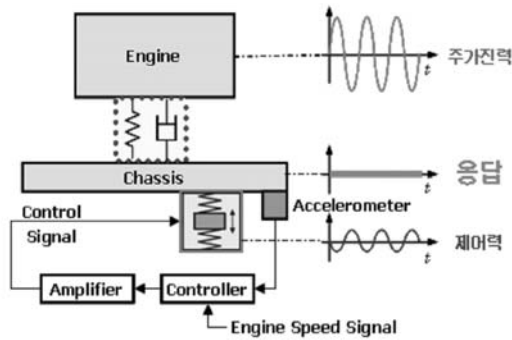


그림 4 분리형 능동형 엔진 마운팅 시스템

4.2 분리형 능동형 엔진 마운팅 시스템

분리형 능동 엔진 마운팅 시스템은 엔진에 의해 발생되어 차체로 전달되는 진동과 동일한 크기, 반대 위상을 갖는 제어력을 발생시켜 진동을 상쇄함으로써 차체 진동을 저감하는 것이다.

분리형 능동 엔진 마운트, 즉 능동 동흡진기는 제어력을 발생시키기 위해서 전동식 구동기를 사용하며, 주행 NVH 개선을 위하여 30~250 Hz 범위의 진동 및 소음 제어를 목표로 개발되고 있다.

분리형 능동 엔진 마운트는 기존 엔진 마운트와 별도로 차량에 장착되어야 하므로, 차량 패키지 레이아웃에 유리하면서도 최대한 큰 제어력을 발생시킬 수 있도록 시스템 최적화와 제어로직 개발을 동시에 진행하고 있다.

5. 기반 기술 개발 현황

5.1 6축 시뮬레이터 개발

현재 개발이 진행중인 여러 가지 타입의 능동형 엔진 마운팅 시스템을 차량에 적용하기 위해서는 실차 적용으로 인해 발생할 수 있는 다양한 문제점을 사전에 검토하여 이를 해결해야만 한다. 그러나 발생 가능성이 있는 모든 운전 조건을 실차시험에서 구현하는 것은 매우 어렵기 때문에 다양한 운전 조건을 구현할 수 있는



그림 5 6축 스튜어트 플랫폼 시뮬레이터

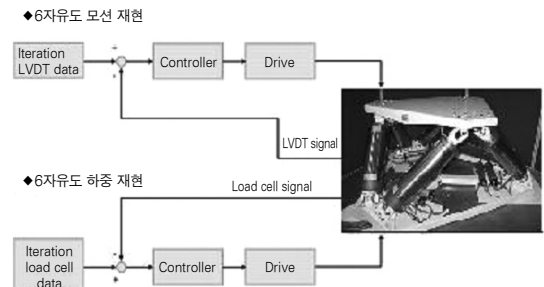


그림 6 실차 진동 조건 재현

시뮬레이션 환경 구축은 필수적인 요소이다. 현재 실차 주행 시 발생하는 차량 진동 조건을 실시간으로 재현하여 능동형 엔진 마운팅 시스템의 성능을 시험할 수 있는 시뮬레이션 환경 구축을 진행중이며 이를 위해 고성능 전자기식 액추에이터를 적용한 스튜어트 플랫폼(stewart platform) 방식의 6축 시뮬레이터를 제작하고 있다.

향후에는 실차 주행 조건에서의 진동 데이터 RLD(road load data)를 측정하고, 힘/변위 피드백 제어를 통해 이러한 진동 데이터를 6축 시뮬레이터로 재현할 수 있는 제어 시스템을 구축할 예정이다. 이러한 시뮬레이션 환경 구축을 완료한 후, 이를 활용하여 개발된 능동형 엔진 마운팅 시스템들의 성능을 비교 평가하고, 시스템 제어로직

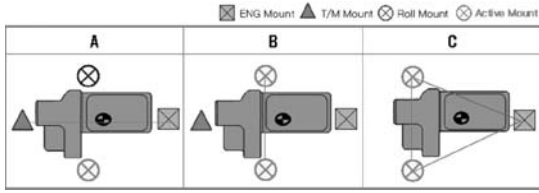


그림 7 능동형 엔진 마운팅 시스템 지지 방식⁽³⁾

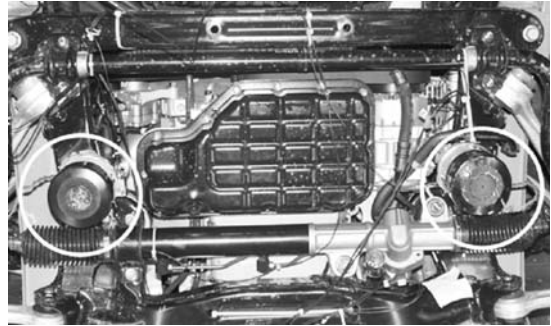
개발 및 튜닝을 진행하고자 한다.

5.2 시스템 통합설계 및 제어로직 개발

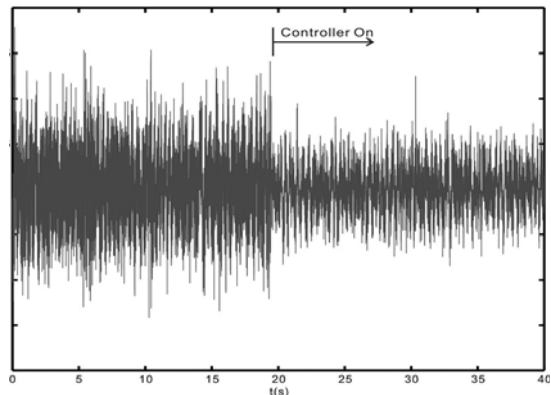
능동형 엔진 마운팅 시스템의 최종 목표는 실차에 적용하여 차량 NVH 성능을 향상시키는 것이므로 능동 엔진 마운트의 개발만큼이나 중요한 것은 능동 마운트를 차량에 적용하기 위한 최적 마운팅 시스템을 구현하는 것이다. 능동 엔진 마운트의 성능이 아무리 뛰어나다 하더라도 이러한 마운트를 다양한 차량 및 파워트레인 특성에 적절히 조화시킬 수 없다면, 그 성능을 최대한 발휘시킬 수 없으며, 또한 양산 적용이 어려울 것이다. 그래서 차량, 파워트레인 및 능동형 엔진 마운팅 시스템 전반에 걸친 통합 설계를 위한 연구도 능동 엔진 마운트 개발과 동시에 진행되고 있다.

이를 위해 각 능동 엔진 마운트 및 제어로직 타입, 능동 엔진 마운트 장착 위치 뿐만 아니라 마운팅 지지 방식을 비롯한 기존 마운트의 정/동특성 및 장착 위치 등의 최적화를 통해 능동 마운트를 포함하는 새로운 엔진 마운팅 시스템에 대한 연구를 진행하고 있다. 개발 초기 단계부터 시스템 해석 및 레이아웃 검토를 통해 실차 평가 및 튜닝이 가능하도록 실차 적용 가능한 크기 및 특성을 선정하였으며, 관련 부품 변경 등을 함께 진행함으로써 개발품의 양산 가능성을 높이고 있다.

특히, 시스템 통합 설계 시 가장 중요하게 고려해야 할 부분은 시스템 제어로직의 개발이다. 각



(a) 실차 장착 모습




(b) 실차 제어 성능

그림 8 분리형 능동형 엔진 마운팅 시스템

능동 엔진 마운트 자체의 제어로직이 단품 작동 성능을 확보하였다고 하더라도, 실차에 적용했을 때 목표한 NVH 성능을 만족시키기는 쉽지 않다. 따라서 실차 성능의 관점에서 차량, 파워트레인 및 능동형 엔진 마운팅 시스템 특성과 운전 환경에 따라 유연하게 대응할 수 있는 제어로직을 개발하여야 한다. 개발 시제품들의 단품 제어 성능과 실차 적용 성능과의 차이는 필연적으로 발생하는 것이므로, 실차 성능 보장을 위해서는 실차 평가 및 개선을 통한 시스템 통합 설계 및 시스템 제어로직 개발이 필수적이라 하겠다. 일례로, 그림 8은 전동식 분리형 능동 엔진 마운트의 차량 장착 사진과 그 실차 적용 제어 성능 평가 결과를 보여주고 있다.

5. 맺음말

이 글에서는 능동형 엔진 마운팅 시스템의 개발 배경, 실차 적용 현황 및 국내외 개발 현황에 대하여 기술하였으며, 실차 성능 및 양산 적용을 보장하기 위해 반드시 필요한 기반 기술로서, 능동형 엔진 마운팅 시스템 통합 설계 및 시스템 제어로직 개발의 필요성 및 현황에 대해 소개하였다.

이러한 능동형 엔진 마운팅 시스템 설계 및 제어 기술 개발은 자동차 산업뿐만 아니라 건설 및 일반 기계 산업 분야 전반의 정밀 진동 및 운동 제어 기술로서 활용 될 수 있을 것이며, 이 글의 내용이 자동차 NVH 및 진동 제어 분야에 관심과 노력을 기울이고 있는 여러 연구자들에게 조금이나마 도움이 되었으면 한다. 

참고문헌

- (1) Matsuoka, H., Mikasa, T. and Nemoto, H., 2004, "NV Countermeasure Technology for a Cylinder -on-demand Engine - Development of Active Control Engine Mount," SAE paper 04Annual-714.
- (2) 2007부품소재기술개발사업, 2009, "능동형 엔진 마운팅 시스템 기술개발에 관한 연구 (2차년도 중간보고서)."
- (3) 김정훈, 김재산, 김장호, 이동욱, 2008, "능동 최적 마운팅 시스템 개발," 한국소음진동공학회 2008추계학술대회논문집, pp. 276~277.
- (4) 이한동, 곽문규, 김정훈, 송윤철, 심재호, 2008, "차량진동저감을 위한 능동 동흡진기 및 제어기술 개발," 한국소음진동공학회 2008추계학술대회논문집, pp. 278~279.
- (5) 홍성우, 이호철, 최상민, 김정훈, 이동욱, 2008, "전자식 능동 엔진 마운트 개발," 한국소음진동공학회 2008추계학술대회논문집, pp. 280~281.
- (6) 최재용, 이우현, 김정훈, 이동욱, 2008, "공압식 능동 엔진 마운트 개발," 한국소음진동공학회 2008추계학술대회논문집, pp. 282~283.