

벡터합성법을 이용한 자동차 로드노이즈의 전달특성 연구

A Study on the Transmission Characteristics of Road Noise for a Vehicle by Using Vector Synthesis Technique

박진수* · 정운창* · 양인형* · 김성대** · 장국진*** · 오재응†
Jin-Su Park, Un-Chang Jeong, In-Hyung Yang, Sung-Dae Kim, Kook-Jin Jang and Jae-Eung Oh

1. 서론

차량의 도로주행에 있어서의 로드노이즈는 소비자에게 가장 많은 빈도로 노출되어 있는 현상으로, 전달 경로 측면에서 구조기인 소음에 해당되며, 이는 타이어가 노면의 요철 부분을 주행할 때에 발생한 탄성진동 에너지가 현가장치와 차체를 경유하여 차실내에 전달되어 음압이 발생하는 경우이다. 로드노이즈에 의한 차실내 소음을 저감하기 위해서는 소음 및 진동원의 특성과 함께 전달경로에 대한 해석이 필요하다.

차량 주행 시 현가장치를 통해 발생하는 진동원 규명을 위해, 샤시디어나모 전륜 구동테스트를 실시하고, 획득한 진동신호를 주요 전달경로인 좌,우 로워암의 전/후 출력단 4개의 입력으로 정하고, 운전석 소음을 출력으로 하는 4 입력/단일 출력계로 모델링 하였다. 이들 신호를 입력원간의 상관성분을 제거하여 순수 입력원의 기여정도를 알 수 있는 다차원 스펙트럼 해석법과 적용이 간단하고, 진동 및 소음 출력의 정량적인 설명이 가능한 벡터합성법(Vector Synthesis Technique)을 적용하여 입력과 출력 사이의 기여 관계를 알아보고, 입력 성분 변경 시뮬레이션을 통해 출력성분에 영향을 미치는 주요 인자를 규명하는 것이 이 연구의 목적이다.

2. 이론

2개의 시간 변동량 $x(t)$ 및 $y(t)$ 를 Fourier 성분으로 변환한 뒤 얻어진 복소함수를 극좌표 형식으로 표현하면 다음과 같다.

$$X(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt = |X(\omega)|e^{j\theta_x(\omega)} \quad (1)$$

$$Y(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} y(t)e^{-j\omega t} dt = |Y(\omega)|e^{j\theta_y(\omega)}$$

또한 시간영역 신호와 관련하여 상호 스펙트럼의 미를 이해하기 위해 복소 푸리에 성분 $X(\omega), Y(\omega)$ 를 벡터로써 표시하는 방법이 유효하다. 즉, 시간영역 신호 $x(t), y(t)$ 는 2개의 벡터 $X(\omega), Y(\omega)$ 가 일정한 편각차 $\theta_{xy}(\omega)$ 를 이루며 주기 $\frac{2\pi}{\omega}$ 로 원점 주위를 회전하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 2개의 벡터의 관계는 $X(\omega)$ 의 공액 벡터 $X^*(\omega)$ 와 $Y(\omega)$ 곱으로 표현하는 것이 가능하다.

$$X^*(\omega)Y(\omega) = |X(\omega)||Y(\omega)|e^{-j\theta_{xy}(\omega)} \quad (2)$$

여기서 $\theta_{xy}(\omega)$ 는 $\theta_x(\omega)$ 와 $\theta_y(\omega)$ 의 위상각 차이를 나타낸다.

시계열에 있어서 정상 불규칙 신호의 특성을 기술하는 함수로서 스펙트럼 밀도함수가 이용된다. 스펙트럼 밀도함수 가운데 상호스펙트럼은 다음 식으로 표현된다.

$$S_{xy}(\omega) = \frac{2\pi}{T} E \left[|X(\omega)||Y(\omega)|e^{-j\theta_{xy}(\omega)} \right] \quad (3)$$

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-0452, Fax : (02)2299-3153

* 정회원, 한양대학교 대학원 기계공학과

** 정회원, 현대기아자동차 사시설계 2팀

*** 정회원, ㈜엔지비 기술개발팀

3. 실험

실험에 사용된 차량은 2000cc급 중형 차량으로 실내 운전석 소음(B&K Type 4189)을 출력으로 하고, 진륜 현가장치의 좌,우 로워암의 전,후 출력단에서 측정된 3축 진동 가속도 신호(PCB Type 356)를 입력원으로 구성하였다. 운전 모드는 60kph 정속모드로 사시디나모 구동 조건이며, 3번 이상 반복 주행 실험으로 시험간 오차가 3dB이내의 신호를 이용, 분석하였다.

4. 기여도 평가 및 벡터합성법에 의한 입력변경 시뮬레이션

4.1 목적주파수 선정 및 기여도 평가

운전석에서 측정된 주행중 실내 음압 레벨은 Fig.2와 같으며, 500Hz이하 대역에서 가장 높은 Peak를 갖는 221Hz를 목적주파수로 선정하였고, 목적주파수에 대한 입출력간의 기여도 평가를 다차원 해석법을 이용하여 실시하였다.

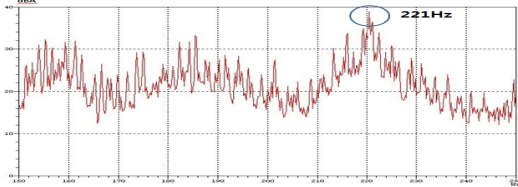


Fig.1 A-weighted SPL of the driver's ear position under 60kph

각 진동원(입력원)간의 상관성분을 제거하여 순수 입력원의 실내 소음(출력)에 대한 기여도를 알 수 있는 부분 기여도함수(PCF)값을 Table1에 나타내었고, 이 때 다중기여도함수(MCF)값은 0.998로 각 입력원들이 출력에 반영하는 정도가 높은 것으로 판단된다.

Table 1 The partial coherence function among input and output signals

Frq.(Hz)	γ_{1y}^2	γ_{2y-1}^2	$\gamma_{3y-1,2}^2$	$\gamma_{4y-1,2,3}^2$
221Hz	0.949	0.376	0.837	0.526

4.2 잔차벡터선도와 개선영향도

Fig 3, 4는 211Hz에 대한 각 입력원의 잔차벡터선도 및 벡터합성법에 의한 합성벡터선도를 나타내고 있다. 잔차벡터선도는 입력상호간의 영향을 고려한 잔차 스펙트럼을 이용해서 각 입력의 순수한 출력의 기여량을 의미하는데 그림에 나타나듯이 입력1(좌측 로

워암 Rear 출력단)이 출력에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

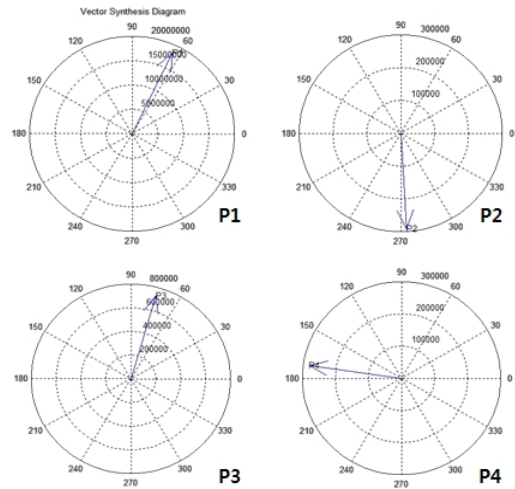


Fig.3 Residual vector diagrams at 221Hz

로워암 Rear 출력단 입력성분의 크기와 위상을 변경하면서, 예측되는 궤적을 Fig. 4의 합성벡터선도에 도시하였다. 입력 성분 벡터의 위상보다는 진동 입력원 크기를 변경했을 때 출력 성분 벡터가 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

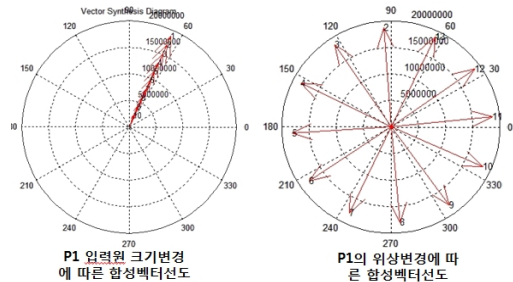


Fig.4 Synthesis vector diagrams corresponding to change of magnitude and phase of Lower-arm rear output at 221Hz

4. 결론

본 연구에서 차량 현가장치를 진륜의 로워암 출력단의 4입력/1출력 모델로 구성하여 기여 관계 및 입력성분 변경 시뮬레이션을 실시하여 다음의 결론을 얻었다.

로워암의 진동원 중, 주 목적 주파수인 221Hz대역에서는 좌측 로워암의 Rear 출력단 입력 가장 영향도가 큰 것으로 규명되었고, 이 입력원의 크기를 저감했을 경우, 가장 큰 소음 저감효과를 나타내었다.