

전달경로 해석을 이용한 진공청소기 출력소음의 저소음화 Noise Reduction of Vacuum Cleaner's Output Noise Using Transfer Path Analysis

*정재은¹, 이정환², 정창욱³, 황근배⁴, 오재응⁵

*J. E. Jeong¹, J. H. Lee², C. O. Chung³, G. B. Hwang⁴, #J. E. Oh⁵

^{1,2} 한양대학교 기계공학과, ^{3,4} LG 전자 HACC 연구소, ⁵ 한양대학교 기계공학부

Key words : Vacuum Cleaner, Transfer Path Analysis, FRF, PCF, MCF, Shield effect

1. 서론

최근 산업사회의 고도화와 복합화로 인해 모든 시스템은 운영 효율의 극대화 및 신뢰성의 향상을 요구하는 추세이고 사용자들의 저소음화에 대한 요구가 날로 까다로워짐에 따라 각종 가전제품에서 발생하는 소음 문제에 관하여 많은 관심을 가지고 있다. 특히 진공 청소기는 가전제품 중 생활 필수품으로서 수요가 급증함에 따라 제품의 질적 고급화 현상이 두드러지고 있다. 이에 따라 진공 청소기의 저소음화는 에너지 효율과 더불어 제품의 품질을 판단하는 척도가 되고 있다.

소비자들의 대부분은 강한 흡입력의 조용한 청소기를 가장 선호하고 있다. 그러므로 진공청소기 제조업자들은 고효율, 저소음 제품을 만들기 위해 많은 연구를 하고 있으며, 최근 청소기 시장에서도 뜨거운 경쟁이 되고 있다.

진공청소기의 진동·소음 저감을 위한 방법은 현재까지 여러 가지 각도에서 연구 개발되고 있지만, 이는 단품에 대한 작동 중 공진점 회피 및 가격 경쟁력 확보를 위한 경량화 설계 시도로 진동·소음 저감 방법에는 한계에 이르렀다. 그래서 보다 정확하고 효과적인 저소음 설계를 하기 위해서는 진동·소음원이 어떤 성질을 가지고 있으며 어떤 경로로 전달되어 오는 것인가를 진동·소음원 별로 기여도를 파악하는 것이 필요하다. 빠른 속도로 회전하는 진공청소기의 진동·소음 현상은 모든 진동·소음 공학의 문제를 포함하고 있다고 해도 과언이 아닐 정도로 다양성이 많고, 가진원으로부터 수음점에 이르는 전달 경로는 복잡하며 그 해석은 상당히 곤란한 경우가 많다. 특히, 자주 문제가 되는 모터내부의 임펠러, 흡입유로 및 파이프 등에서 실제 작동시 관심이 있는 위치에서 어떤 진동·소음이 전달되는 것인가를 정량적으로 구하는 방법을 체계화하여 현장에서 보다 효율적인 방법으로 사용할 수 있도록 할 필요가 있다. 청소기와 같은 구조물일 경우에는 가진력과 전달함수를 정확하게 파악하기 어려우므로 주파수영역에서 해석하는 방법을 사용하는데, 종래에는 주파수 응답함수 법을 많이 이용하였지만, 이 방법은 각 소음원과 소음원간의 상관관계가 존재하지 않는 경우에만 유효하다. 따라서 소음/소음간의 상관성분을 제거하여 각 부품들의 순수한 기여량을 알 수 있는 다차원 스펙트럼 해석법을 적용하는 것이 소음 현상이 복잡하게 일어나는 실제 시스템을 해석하기에 적절한 방법이다.

본 연구에서는 전달경로 해석 방법인 다차원 스펙트럼 해석법을 이용하여 출력소음에 영향을 주는 입력원을 선정하고 다입력 단일 출력계로 모델링을 통해 입력원과 출력원 사이의 차단효과를 통해 기여 순위를 파악한다.

2. 전달경로 해석

2.1 다차원 스펙트럼 해석법

입력간의 상관관계를 제거하는 과정에 의하여 각 입력원의 순수한 기여도를 나타낸 부분기여도함수(Partial Coherence Function; PCF)라고 하며, 다음과 같이 나타낸다.

$$\gamma_{iy-r}^2 = \frac{|S_{iy-r}|^2}{S_{ii-r}(f)S_{yy-r}(f)}$$

2.2 Shield effect

각각의 전달 경로를 차단한 후 응답을 확인하여 전체 진동·소음에 가장 큰 영향을 미치는 요소를 알아내는 방법이다.

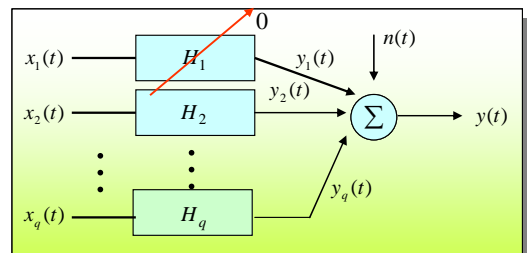


Fig. 1 Shield Effect

위의 그림에서 H1=0 전달 경로를 차단하여 전체 진동·소음에 대한 영향을 알아보는 것을 차단효과(Shield Effect)라고 한다.

3. 실험

KSC 9101의 규격에 따라 진공청소기의 상면 1m에서 작동모드를 강으로 했을 경우의 출력소음을 측정하였다, 또한 입력원 부분의 소음 측정은 진공청소기 내부와 외부로 나누어 실시하였다.

외부의 소음 전달경로 해석을 위해서 입력원을 진공청소기의 배기구, 먼지 유입구, 흡입 노즐로 선정하였으며, 내부의 소음 전달경로 해석을 위해서 입력원을 진공청소기의 사이클론 출구, 모터 입구, 먼지 유입구로 선정하였다. 실험 장치도는 Fig.2 와 Fig.3 같다.

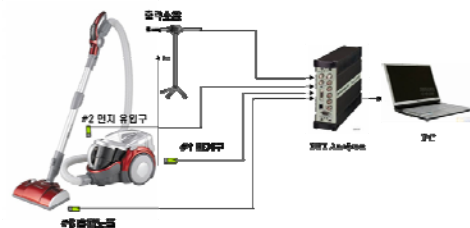


Fig. 2 The experiment set up for transfer path analysis (output noise)

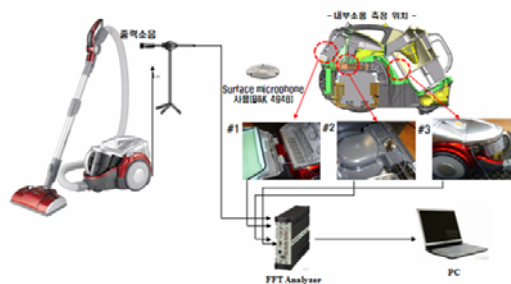


Fig. 3 The experiment set up for transfer path analysis (interior noise)

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 각 소음원과 출력소음의 기여관계

각 소음원(입력원)의 출력소음에 대한 부분기여도 함수값을 Table. 1와 Table. 2에 나타내었다.

내부소음에 대한 전달경로 해석의 경우는 Operating frequency 에서는 모터입구>사이클론 출구>먼지유입구의 순서로 기여도 순위가 나타났으며, 1st BPF에서는 먼지유입구>모터입구>사이클론 출구의 순서로 기여도 순위가 나타났다. 다중기여도 함수값이 0.5이상의 높은 값을 나타내어 모델링이 적합하였다.

어떤 입력이 전달되는 경로 중 하나를 차단해 봄으로써 출력이 어느 정도 저감되는지를 파악하기 위해 차단효과를 사용한 결과를 Fig.4 에 나타내었다. 모터입구를 제거했을 경우가 가장 큰 저감 효과를 보였으며 이는 다차원 스펙트럼 해석법의 기여 순서와 일치 하였다.

Table. 1 The partial coherence function among input and output signals(outside noise)

Freq. (Hz)	$\gamma^2_{1y_{23}}$	$\gamma^2_{2y_{13}}$	$\gamma^2_{3y_{12}}$
operating Freq.	0.4297	0.7201	0.4099
1st BPF	0.3268	0.3515	0.7127

Table. 2 The partial coherence function among input and output signals(inside noise)

Freq. (Hz)	$\gamma^2_{1y_{23}}$	$\gamma^2_{2y_{13}}$	$\gamma^2_{3y_{12}}$
operating Freq.	0.4677	0.6486	0.3006
1st BPF	0.3577	0.63	0.1616

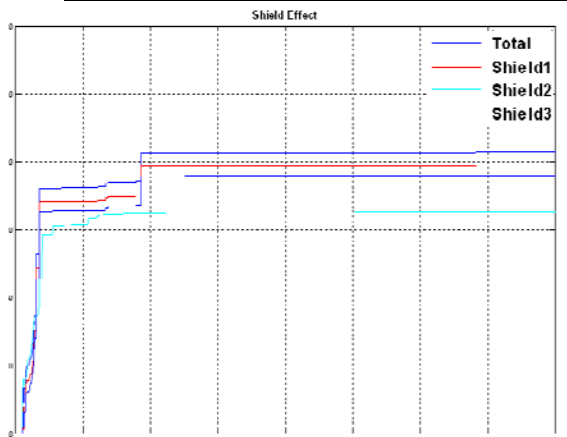


Fig. 3 Comparison of integrated FRF by shield effect

5. 결론

이 연구에서는 진공청소기를 3입력 1출력 모델로 구성하여 외부소음 및 내부소음의 입력간의 상관관계 및 전달 특성을 규명하였다. 또한 차단효과를 통해 저감 효과가 가장 큰 입력원을 찾아내었다.

(1) 다입력 단일출력 시스템에서 입력들간의 상관관계가 존재하고 있을 때 입력원의 출력에 대한 기여 정도를 알아보기에 다차원 스펙트럼 해석법이 유효함을 검증하였다.

(2) 본 실험에서 사용된 진공청소기의 작동 중 발생하는 출

력소음에 대한 전달경로상의 부품들의 기여 순위는 외부소음의 경우는 먼지유입구>배기구>흡입노즐과 같고, 내부소음의 경우는 모터입구>먼지유입구>사이클론 출구의 순서로 되어 있음을 알았다.

또한, 어떤 입력이 전달되는 경로 중 하나를 차단해 봄으로써 출력이 어느 정도 저감되는지를 파악하여 모터입구가 가장 큰 저감 효과를 보임을 알았다.

(3) 고려한 입력원들이 출력에 충분히 반영이 되었음을 알았다.

후기

본 연구는 LG 디지털 어플라이언스 청소기 연구소의 연구비 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분의 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- Oh, J. E., Suh, S. H. and Kang, M. S., 1986, "Application of Multi-dimensional Spectral Analysis for Noise Source Identification on Gasoline Engine", Trans. of the KSME. Vol.10, No.4, pp.442~449
- Kim, H. S., Park, S. G., Kang, K. H., Lee, J. Y. and Oh, J. E., 2007, "The Analysis of Noise Contribution about Drum Washer under Dehydrating Condition Using Multi-dimensional Spectral Analysis", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol.17, No.11, pp.1056~1063.
- Sim, H. H., Lee, H. J., Lee, Y. Y., Lee, J. Y. and Oh, J. E., 2006, " Source Identification of Non-stationary Sound Vibration Signals Using Multi-dimensional Spectral Analysis Method", Trans. of the KSME(A), Vol.30, No9, pp.1154~1159.
- Bendat, J.S., and Piesol, A.,G, "Random Data": Analysis and Measurement Procedures, 2nd Edition, Wiley-Interscience, New York, pp. 204~227, 1986.
- Bendat, J.S, and Piersol, A.,G, "Engineering Application of Correlation and Spectral Analysis", John Wiley & Sons, Inc. 2nd Edition, 1993.