

차량용 창문 모터의 소음 특성 분석

김재원* · 서진원** · 이광희**

Analysis of Sound Characteristics from Window Motors for Vehicle

Jae won Kim*, Jin won Seo**, Kwang hee Lee**

Key Words : Noise Analysis(소음분석), Vehicle Motor(차량모터), Loudness Level(소음의 크기), Roughness Level(소음의 거칠기)

Abstract

An Electric motor is used for user-friendly equipment in vehicles. In this paper, an electric motor for windows is considered for the tuning of engineering inspection concerned with noise level from it. Noise from the electric window motor is a kind of structure-borne noise and becomes a reference parameter for its engineering performance. Estimation of noise from the motors shows the quantitative values such as overall noise. Noise level at each frequency and the qualitative figures for the transient characteristics of sound are also revealed. The loudness level, one of the qualitative parameters, distinguishes the performances of every components by the comparison of its magnitude. In summary, it is found that the qualitative comparisons become useful means for the inspection of electric motors.

1. 서론

차량용 창문 모터(power window motor)는 기존의 수동 개폐방식에서 자동으로 윈도우를 개폐할 수 있도록 하는 편의장치 중 하나이다. 창문 모터 시스템으로부터 발생하는 작동 소음의 저감에 대한 관심이 높아진 것은 자동차에 있어서 엔진에 의한 소음이 어느 정도 저감된 후 다른 부위에 의한 소음이 전체 실내 소음에 영향을 미치기 시작한 최근에 들어와서이다. 창문 모터에 의한 작동 소음은 일부 방사(radiation)에 의한 성분도 있으나 90%는 모터로부터의 진동이 차체를 통해 실내로 전달되는 고체음(structure-borne noise)에 그 원인이 있다.^[1]

본 연구에서는 완전 무향실에서 창문 모터의 음압 획득 실험을 통해 모터의 소음 특성(sound quality)을 찾아 평가하였다. 또한 차량 도어(Door)에 장착하였을 경우의 소음 특성을 실험적 방법을 통해 평가하였다. 창문 모터의 소음 측정 결과를 바탕으로 소음 특성 분석을 통해 양호 부품과 불량 부품을 구별할 수 있는 정량적인 기준을 제시하였다.

2. 실험장비 및 실험방법

2.1 실험장비

창문 모터 단품과 도어 장착 소음 측정 실험을 위하여 Fig. 1의 완전 무향실(Full anechoic chamber)을 이용하였다. 풍동 무향실은 무향실과 방음실, 풍동실로 구성되어 있으며, 무향실 단독으로 각종 기기류의 음향 특성 연구와 소음원 측정 및 분석을

할 수 있다. 무향실의 차단주파수(cut-off Frequency)는 125Hz 이고, 암소음(Background noise)은 17dBA이하이다. 또한 방음실에 16채널의 LMS사의 PIMENTO 소음 및 진동 측정 장비가 배치되어 소음 측정 및 분석을 수행하게 된다. 무향실 내부에 사용된 흡음재는 우레탄 기반의 폴리에스터를 사용하였다.

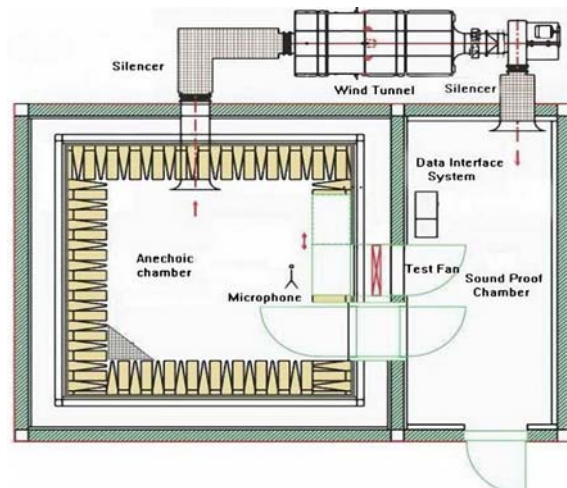


Fig. 1 Full anechoic chamber with wind tunnel

2.2 실험방법

본 연구는 우선 창문 모터 단품에 대한 음압 획득 실험을 실시하고 측정 결과를 바탕으로 모터를 선정하여 도어 장착 조건에서 유사 실험을 진행하였다. 시료인 창문 모터의 구조는 Fig.2와 같고, 시료 구분은 양품(Current Products)과 차량 제조사 수거 불량으로 분류하였고, 불량품은 다시 사후 서비스 과정에서 수거된 것(Warrant Returns)과 모터 생산 공장 불량 판정

* 선문대학교 기계공학부, jwk@sunmoon.ac.kr

** 선문대학교 대학원, sbird586@empal.com

** 선문대학교 대학원, kwang281@empal.com

품, 모듈업체 불량 판정품으로 분류하였다. 각각의 시료 개수는 Table 1에 나타냈고, sample은 창문 모터 형식에 따라 구별된다. 창문 모터 단품의 실험 측정 조건은 창문의 하강, 정지, 상승을 하나의 사이클(cycle)로 고려하여 각각 3sec, 1sec, 3sec로 작동 시간을 7초로 하였다. 측정시간에 대한 제어 방법은 창문 모터 컨트롤 제어기를 사용하여 작동시간에 대한 객관성을 보증하였다. 또한 창문 모터와 마이크론과의 거리는 Fig. 3과 같이 300mm 이격하여 수행하였다.

Table 1 Number of test samples

Type	Warrant Returns	Current Products	Maker screen	Module screen
sample #1	5	6	6	6
sample #2	1	6	6	6
sample #3	6	6	6	6
total	12	18	18	18

unit : ea

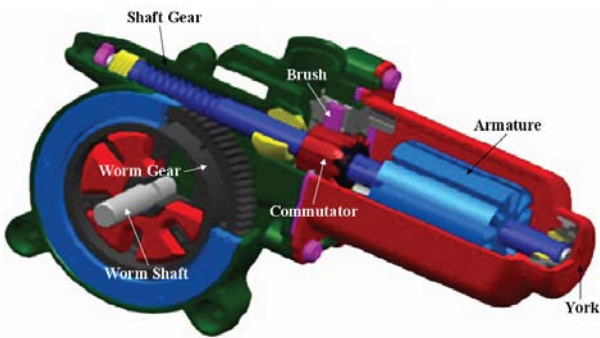


Fig.2 Core parts of power window motor

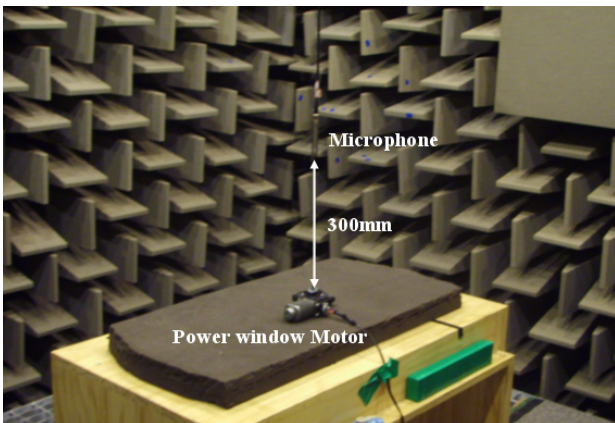


Fig. 3 Microphone arrangement for sound pressure acquisition

창문 모터의 도어 장착 실험의 경우 3개의 샘플군 별로 음압레벨이 가장 높은 모터와 음압레벨이 가장 낮은 모터를 선정하여 수행하였다. 측정시간은 창문 상승(up), 정지, 창문 하강(down)으로 창문 모터 컨트롤 제어기를 사용하여 윈도우 작동시간을 제어하였다. 측정거리는 Fig. 4와 같이 사람이 차량에 탑승하였을 시 귀(Ear) 위치로 마이크론을 도어에서 200mm × 200mm × 200mm 이격된 지점에서 수행하였다.^[2]

공통 시험 조건으로는 창문 모터 작동을 위한 인가전압은 14.5V로 고정하였고, 모터 상태의 안정화를 위해 일정 회전수

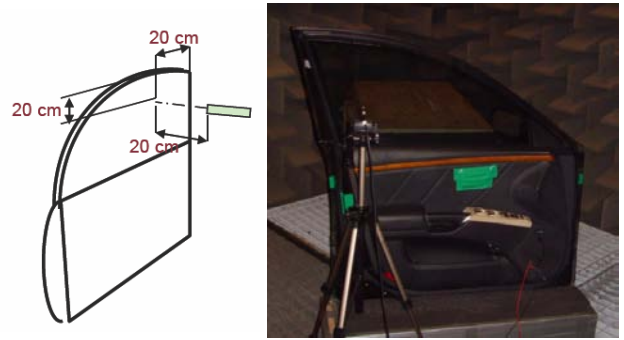


Fig. 4 Measurement position of system adopted in door

(RPM)로 모터를 공회전하였다. 케이블은 실차에서 사용되는 AVSS 1.25를 사용하였다. 케이블의 라인저항(line resistance)은 $0.15\Omega \pm 10\%$ 이다.

창문 모터와 도어 장착 실험 결과는 파워 스펙트럼 분석과 1/3 octave 분석을 통해 주요 소음원 특성에 대해 분석하였다.^[3] 이러한 연구 활동을 통해 차량용 창문 모터에서의 주요 소음원과 창문 모터가 장착 된 도어에서의 소음원의 변화에 대해 비교하였다. 또한 양호 부품과 불량 부품의 구별을 위한 정량적 기준 제시를 위해 인간의 청각특성을 고려한 음질인자(Sound properties)에 대해 소음 특성 분석을 실시하였다.

3. 실험결과

3.1 창문 모터 단품과 도어 장착 결과

Fig. 5, 6, 7은 시료 #1, #2, #3에 대한 각각의 창문 모터 단품과 도어 장착 실험에 대한 1/3 octave 비교 결과이다. (a) 그래프는 창문 모터 단품에 대한 결과이고, (b) 그래프는 창문 모터 단품의 도어 장착에 대한 결과이다. 실차에서 창문 모터 시스템에 의한 실내 소음은 전술한 바와 같이 고체음(structure-borne noise)이 주 원인이다.

본 실험에서는 단품상태에서 각 부품에 의한 이론상의 기본 주파수를 구해 실제 계측실험에서의 결과와 비교하였다. 창문 모터 시스템의 웜 기어(worm gear)에 의한 기본 주파수는 잇수와 작동 회전수를 고려하여 100Hz 정도로 예측되며, 정류자(commutator)와 브러쉬(brush)의 섭동에 의한 주파수 성분은 정류자의 슬릿(slot)수, 10개를 고려하여 1kHz 정도일 것으로 예측되었다.

음압 측정 결과를 통해 창문 모터 단품에서는 예측 결과와 동일한 100Hz와 1kHz영역에서 높은 음압레벨을 확인할 수 있다. 소음 준위의 주파수 분석 결과 100Hz영역은 창문 모터의 기어부에서 발생하는 마찰 소음이고, 1kHz영역은 정류자(commutation)와 브러쉬(brush)와의 마찰에 의한 소음으로 확인되었다. 이러한 결과를 통해 창문 모터 단품의 주요 소음원이 기어부에서의 마찰 소음과 정류자와 브러쉬의 마찰소음을 확인하였다.

창문 모터의 도어 장착 실험 결과 100Hz영역, 즉 기어부에서 발생하는 마찰 소음이 창문 모터 전체 시스템에 영향을 주는 주요 소음원임을 확인하였다. 또한 창문 모터 단품 결과에서 고주파 영역의 높은 음압레벨 준위가 도어 장착 결과에서는 낮은 음압레벨을 나타냈다.

또한 Fig. 8, 9와 같이 샘플 별 창문 모터 소음 측정 결과와 창문 모터의 도어 장착 소음 측정 결과에 대한 관련 정도를 평

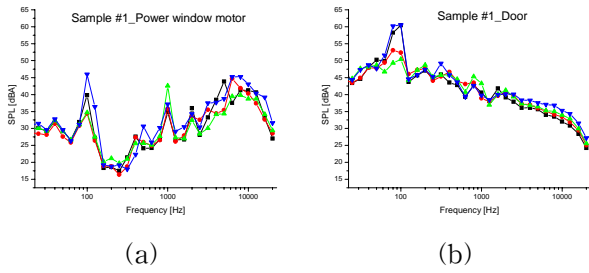


Fig. 5 1/3 octave results of power window motor alone(a) and door system with motor(b) for sample #1

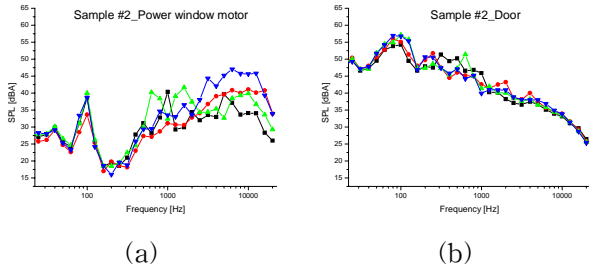


Fig. 6 Same as Fig.5 except for sample #2

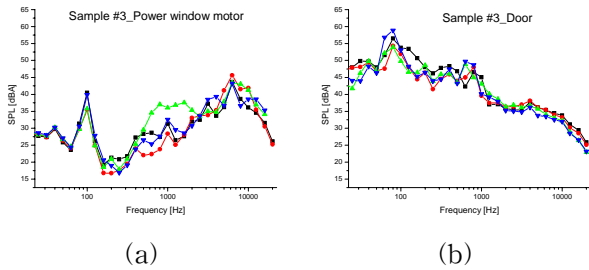


Fig. 7 Same as Fig.5 except for sample #3

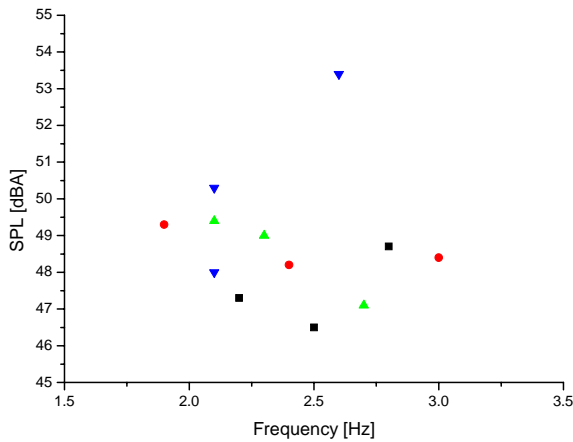


Fig. 8 Correlation of sound pressure and operating current for power window motor

가하였다. 비교 기준이 된 총괄 소음도 값은 샘플 별 음압레벨이 가장 높은 샘플을 선정하였다. 상관분석 결과를 통해 양호 부품(●)과 불량 부품(■, ▲, ▼)을 구별하는 것은 불가능하였다.

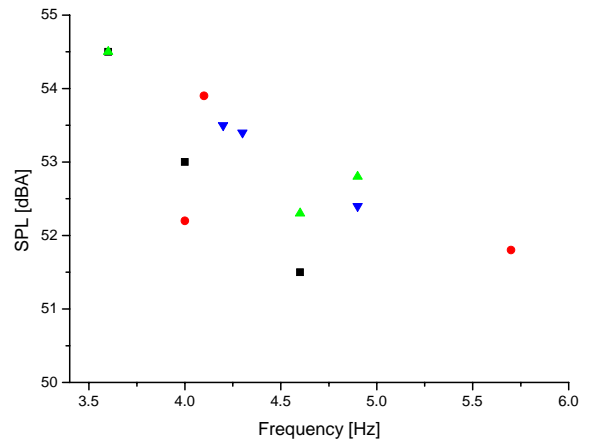


Fig. 9 Same as Fig. 8 except for door system with motor

3.2 SQ(Sound Quality) 분석 결과

소음 실험 결과를 통한 양호 부품과 불량 부품에 대한 정량적인 구분의 어려움으로 인해 인간의 청각 특성을 고려한 음질 분석을 수행하였다. 고려된 음질인자는 음의 크기와 관련된 지각량인 라우드니스(Loudness), 음의 날카로운 정도와 관련된 지각량인 샤프니스(Sharpness), 음의 거친 정도와 관련된 지각량인 러프니스(Roughness), 음의 변동 시간적 크기 정도와 관련된 변동강도(Fluctuation strength)이다.^[3] 다음의 음질인자를 통해 양호 부품과 불량 부품을 구별할 수 있는 변수를 도출할 수 있었다.

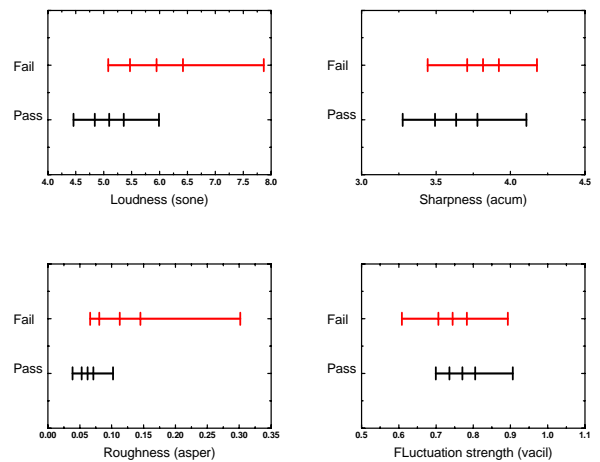


Fig. 10 Sound quality variations for sample #1

양호 부품과 불량 부품을 명확히 구별할 수 있는 변수로는 시료 #1의 경우 라우드니스(Loudness)와 러프니스(Roughness)가 시료 #2의 경우에는 라우드니스(Loudness)와 샤프니스(Sharpness), 시료 #3의 경우에는 샤프니스(Sharpness)가 활용될 수 있음을 확인하였다.

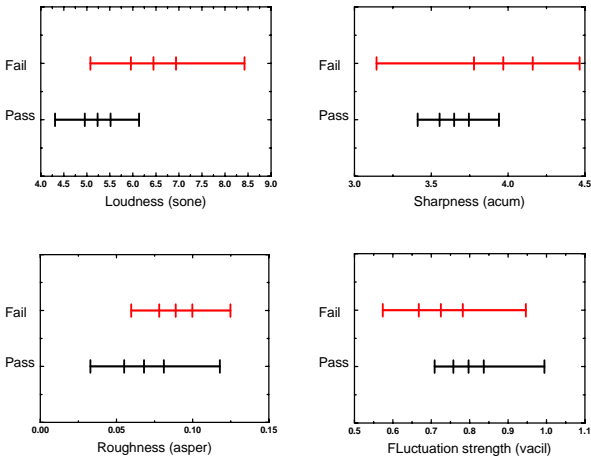


Fig. 11 Same as Fig. 10 except for sample #2

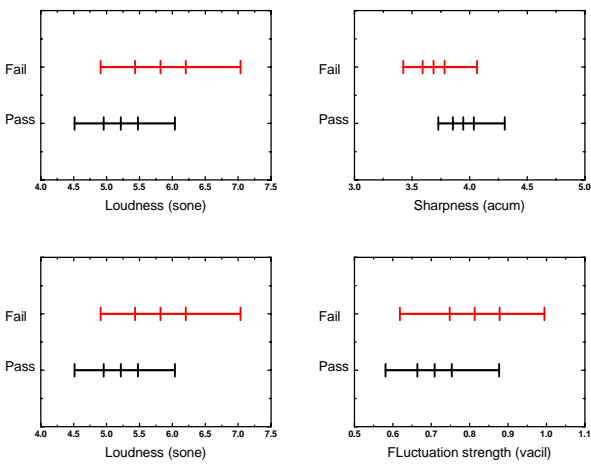


Fig. 12 Same as Fig. 10 except for sample #3

4. 결론

본 연구에서는 자동차의 편의장치 중의 하나인 차량 모터에 관한 소음 특성 분석 활동이 수행되어졌다. 먼저 창문 모터 단품 실험을 통해 주요 소음원을 찾아보고, 이론치와 일치하는지를 확인하였다. 또한 창문 모터 단품 도어 장착 실험을 통해 주요 소음원의 특성 변화에 대해 확인하였다.

소음 실험을 통해 창문 모터의 주요 소음원이 기어부에서의 마찰 소음(100Hz영역)과 정류자와 브러쉬와의 마찰 소음(1kHz영역)임을 확인하였다. 도어 장착 실험 결과에서는 100Hz의 음압레벨이 더 증가하였고, 고주파 영역에서의 음압레벨은 감소하였다. 총합 소음, 특정 주파수 영역에서의 소음 순위와 상관분석을 통한 양호 부품과 불량 부품을 구별하는 것은 불가능하였다. 오히려 청각과 관련된 변수들을 분석하여 정량적 기준으로 부품의 성능 가부를 판정할 수 있었으며 주로 소음의 크기(loudness level), 소음의 거칠기(roughness level) 등이 활용될 수 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 선문대학교 충남자동차부품 RIS사업단의 지원으로 수행되었음을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] Yukiho Murata, et al., Windshield Wiper Motor Noise Reduction, (in Japanese), Automobile engineering, Vol. 51, No. 2 (1997)
- [2] Korea Standards, Method of A - Weighted Sound Pressure Level Measurement for Fans, Blowers and Compressors, (KS B 6361), KSSA, 1992, pp.1~33
- [3] J. D. Irwin, D. R. Graf, Industrial Noise and Vibration Control, 1979