

블로워 모터 소음의 내구성 고찰

Durability Study of Blower Motor Noise

이명한† · 이강덕* · 황동우** · 이현희***

Myunghan Lee, Kangduck Ih, Dongwoo Hwang, Hyeonheui Lee

Key Words : Blower, Motor, Noise, IQS, VDS, Durability

ABSTRACT

As in many of the vehicle NVH issues, blower motor noise has been improved over the years through intensive R&D and production process improvement. Durability of motors, however, still has room for improvement according to customer surveys such as VDS. To investigate the noise issues of blower motors in view of durability, current production motors along with major competitor motors are tested. The noise after accelerated durability test shows that production motors are competitive in noise level with similar noise performance compared to initial measurement. The test result also provided guidelines to the durability development process.

1. 서론

최근 자동차의 엔진 소음 및 WIND NOISE 가 저감됨에 따라 아이들 시를 포함하여 블로워 작동 시 발생하는 소음에 대해 관심이 커지고 있다. 블로워 소음의 대부분은 바람이 가속되는 블로워 팬에서 발생된 소음이 덕트를 통해 전달되는 성분이다. 블로워 작동 소음은 크게 블로워 휠에 기인한 소음과 덕트 및 전달계에 기인한 소음으로 나눌 수 있다. 최근 블로워 휠 부위의 유동 및 모터 소음 개선을 위해 휠 및 주변부 형상의 최적화와 모터부 개선이 활발히 이루어지고 있으며 또한 덕트 형상 및 댐퍼 도아 패드와 그 주변부 형상 개선을 통해 덕트부를 통한 휘슬음 및 기류음 저감 방안이 함께 이루어지고 있다.

이러한 개선 노력으로 블로워 작동 소음의 초기 소비자 불만도는 예전에 비해 많이 줄어들었다. 자동차 품질 조사 기관 중의 하나인 J.D. POWER 가 신차 구입 후 3 개월이 지난 차량의 소유자를 대상으로 조사하는 북미 IQS(초기품질지수) 결과를 보면 블로워 소음 관련하여 지난 3 년간 현대 및 기아차의 점수가 산업 평균보다 우수하였다. 그러나, 판매 후 3 년이 지난 차량에 대한 조사인 VDS(차량내구성지수) 결과를 보면 산업 평균과 비슷하거나 조사년도에 따라 나쁘기도 하였다.

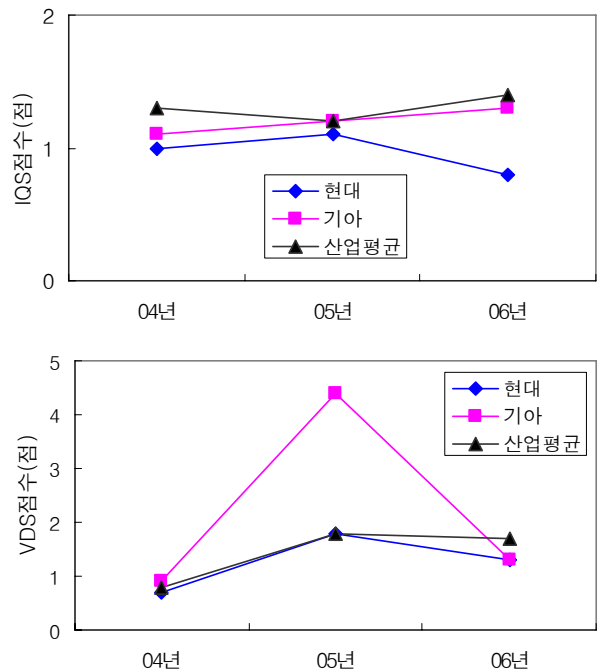


Fig. 1 북미 IQS 및 VDS 점수(블로워 소음)

초기 성능의 개선과는 달리 일정 기간 이상 주행 후 발생하는 내구 후 블로워 소음에 대해서는 상대적으로 연구가 덜 이루어진 상태다. 내구 후 블로워 소음에 대해 소비자들이 불만을 제기하는 것은 초기 수준과 다르게 이상 소음이 발생하거나 더 크게 들리는 경우가 대부분이다. 따라서, 본 논문에서는 블로워 작동 시의 이상 소음 발생 원인 조사 및 당사와 경쟁차량의 블로워 내구 진행에 따른 소음의 변화를 비교 분석하여 이를 토대로 내구 후 블로워 모터 소음 개선을 위한 대책과 내구 시험 기준을 마련하고자 하였다.

† 이명한 ; 현대자동차 기능시험 1 팀
E-mail : hannie@hyundai-motor.com
Tel : (031) 368-6462
* 현대자동차 기능시험 1 팀
** 한라공조(주) 시스템개발 1 팀
*** 두원공조(주) 기술연구소 시스템개발팀

2. 내구 후 블로워 소음 원인 조사

2.1 블로워 소음 원인의 종류(클레임 분석)

블로워 소음에 대한 2004 년 이후 3 년간 해외 클레임 조사 결과 주원인은 외부 이물질 유입에 의한 이상 소음, 모터 회전 시 진동에 의한 코깅성 소음 및 금속성 이음, HVAC DR 나 AIR VENT DR 의 DAMPER PAD 부의 휘슬성 소음, 그리고 블로워 모터 브러쉬 마모에 의한 소음으로 나타났다.

(1) 외부 이물질 유입에 의한 이상 소음

외부 이물질 유입에 의한 이상 소음은 고객들이 가장 불만을 제기하는 것으로 약 50% 정도를 차지한다. Fig. 2 와 같이 주로 낙엽과 같은 이물질들이 카울탑 커버의 그릴을 통해 블로워 휠까지 들어오거나 추운 지역에서 눈이나 물 등이 유입된 후 빙결되어 블로워 작동 시 이상 소음을 발생시키며 주행 거리와 상관없이 발생한다.

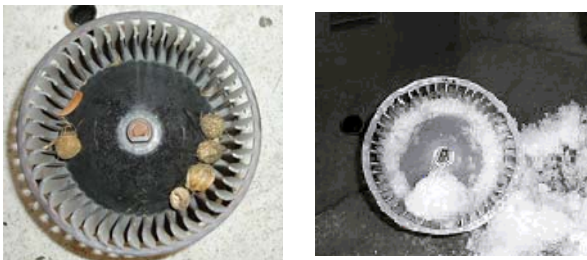


Fig. 2 블로워 모터에 유입된 이물질

(2) 모터 코깅 소음 및 금속성 소음

모터의 진동 시 불연속적인 자기장 속을 회전하는 로터의 주기적 하중 변화가 진동을 유발하여 발생하는 코깅 소음을 발생시킨다. 모터는 자체적으로 진동 소음을 발산할 뿐만 아니라 자신이 장착되어 있는 스크롤 케이싱을 통해 진동을 전달하여 소음을 일으키기도 한다.

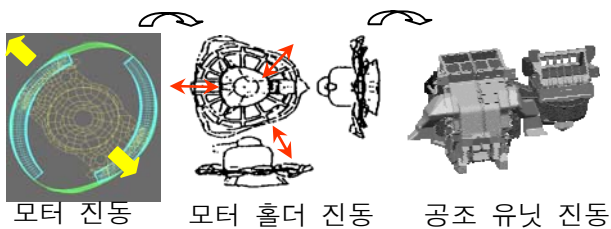


Fig. 3 모터 코깅 소음 발생 원리

필드 문제 조사 결과 모터 샤프트의 변형이나 불리한 모터 홀더 댐퍼 구조에 의해 모터 진동을 흡수하지 못하여 상기와 같은 문제가 발생한 것을

알 수 있다.

금속성 소음은 주로 아마추어 고정용 E-Ring 의 조립 시 손상에 의한 와셔와의 간섭이나 베어링 오일의 누수에 의한 와셔부 이상 마모에 의해 발생한다.

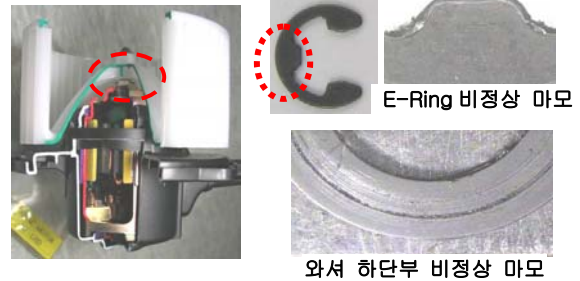


Fig. 4 금속성 소음 문제 원인

(3) 틈새에 의한 휘슬성 소음

HVAC 도어가 완전 밀폐되지 않거나 블로워 단수를 높여 풍량이 증대하면 압력에 의해 닫힌 도어의 일부분이 열려 그 틈새로 강한 유동이 지나가면서 휘슬성 소음이 발생한다. 또한 A/VENT 도어의 테두리부를 지나는 강한 유동에 의해서도 휘슬음이 발생한다. 그리고, 덕트와 덕트 연결 부위가 조립 불량에 일부 틈새가 노출이 원인인 경우도 존재한다. 이러한 휘슬음 발생 원인들은 주행 거리와 상관없이 나타난다.

(4) 블로워 모터 브러쉬 마모에 의한 소음

블로워 모터는 회전하는 코일에 전류를 전달하기 위한 브러쉬가 필수적이며, 물리적인 마찰에 의해 소음이 발생한다. 브러쉬 소음은 '스-스' 마찰음으로 발생하며, 브러쉬의 미세한 진동에 의해 악화된다. 블로워 모터를 장시간 사용하면 블로워 모터의 브러쉬가 마모되는데 이때 편마모가 일어나거나 표면 거칠기가 증가하여 소음을 증가시키거나 이음을 발생시킨다. 이 브러쉬 마모는 주행 거리가 증가함에 따라 같이 증가하는 경향을 보인다.

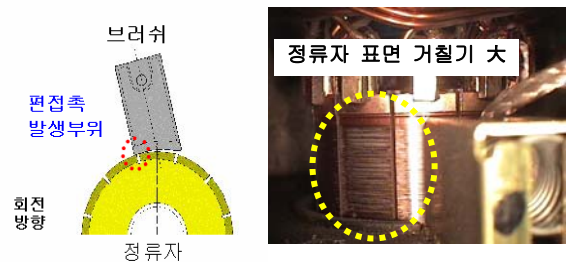


Fig. 5 브러쉬 마모에 의한 이상 소음 원인 (브러쉬 편마모, 표면 거칠기 증대)

2.2 블로워 작동 소음과 주행 거리와의 상관성

주행 거리에 따른 블로워 소음의 영향도 평가 결과 Fig.6 과 같이 주행 거리와 블로워 소음의 크기가 비례하지 않음을 알 수 있다.

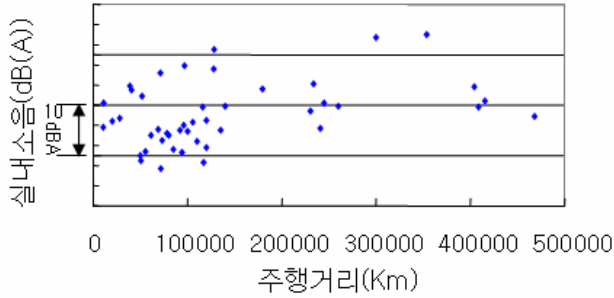


Fig. 6 주행 거리에 따른 블로워 작동 소음

필드에서 제기되는 블로워 소음 문제는 여러 가지 품질 문제가 복합적이어서 그 발생 원인을 파악하기 어려움이 있다. 그러나, 블로워 모터 소음 발생 원인 중에 하나인 브러쉬 마모는 주행 거리에 비례하여 증가함을 알 수 있다.

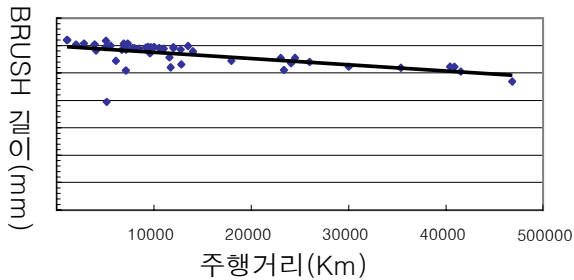


Fig. 7 주행 거리에 따른 브러쉬 길이 변화

3. 내구 후 블로워 모터 소음 결과

3.1 블로워 모터 내구 시험 방법

내구 진행 정도에 따라 블로워 모터 소음의 변화를 알아보고 이것이 블로워 모터의 브러쉬 마모와 상관성이 있는지에 알아보기 위하여 당사 LD 차량과 경쟁사 A, B, C, D 차량에 대하여 블로워 모터 내구 시험을 진행하였다.

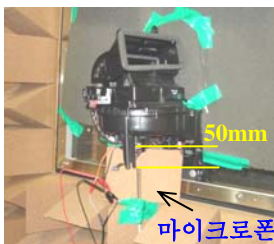


Fig. 8 블로워 모터 소음 측정 방법

무향실에서 당사 내구 시험 규정에 맞춰 BENCH 상태에서 각 N 시간마다 8V 및 12V 외부 전압 인가 시의 소음을 측정하였으며 총 4N 시간 동안 내구를 진행하였다. 내구 완료 후 분해하여 물리적인 변화도 함께 확인하였다.

3.2 블로워 모터 내구 진행별 소음 결과

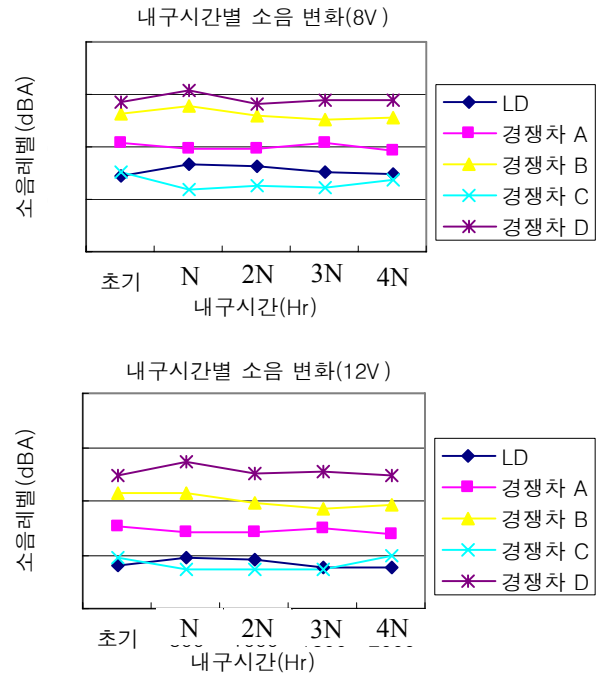
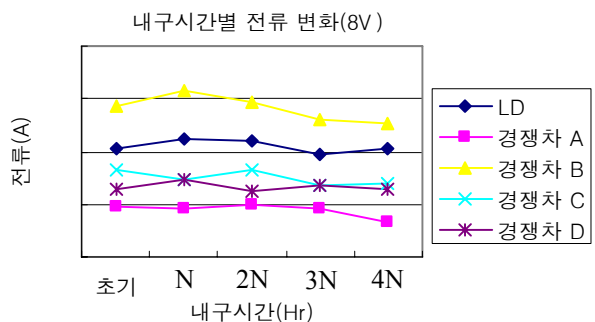


Fig. 9 내구 시간별 시스템 O/ALL 소음 레벨 변화 (y 축 간격 : 5dBA)

4N 시간 블로워 모터 내구 시험 진행 후 블로워 모터 소음을 분석한 결과 O/ALL 소음 레벨은 8V 및 12V 모두 큰 변화없이 동등하거나 내구 완료 후 미세 감소한 수준으로 나타났다. 또한 블로워 모터 전류값도 소음 레벨과 비슷한 경향을 나타내었다. 특히 내구 후 소음 레벨이 미세 감소한 원인으로 내구 후 브러쉬 마모에 의한 전류의 감소로 풍량이 줄어들면서 소음 레벨도 미세 감소한 것으로 파악된다.



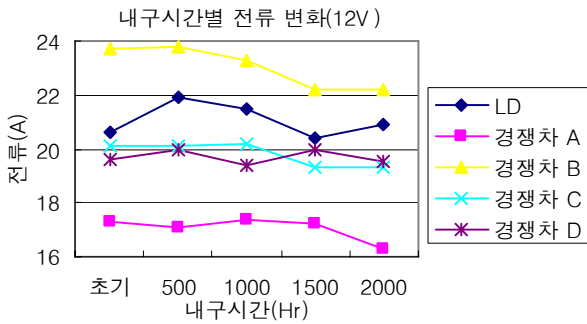


Fig. 10 내구시간별 블로워 모터 전류 변화 (y 축 간격 : 2A)

내구 진행에 따른 O/ALL 소음 레벨은 동등 또는 미소 감소 수준으로 나왔으나 초기와 내구 후 특정 주파수에서의 소음 변화를 비교해 보기 위해 12V 에서의 1/3 옥타브 분석을 실행하였다.

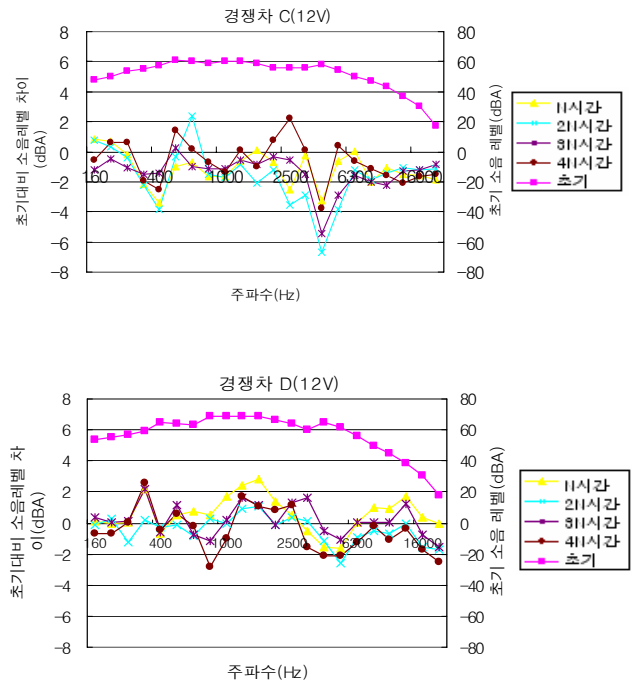
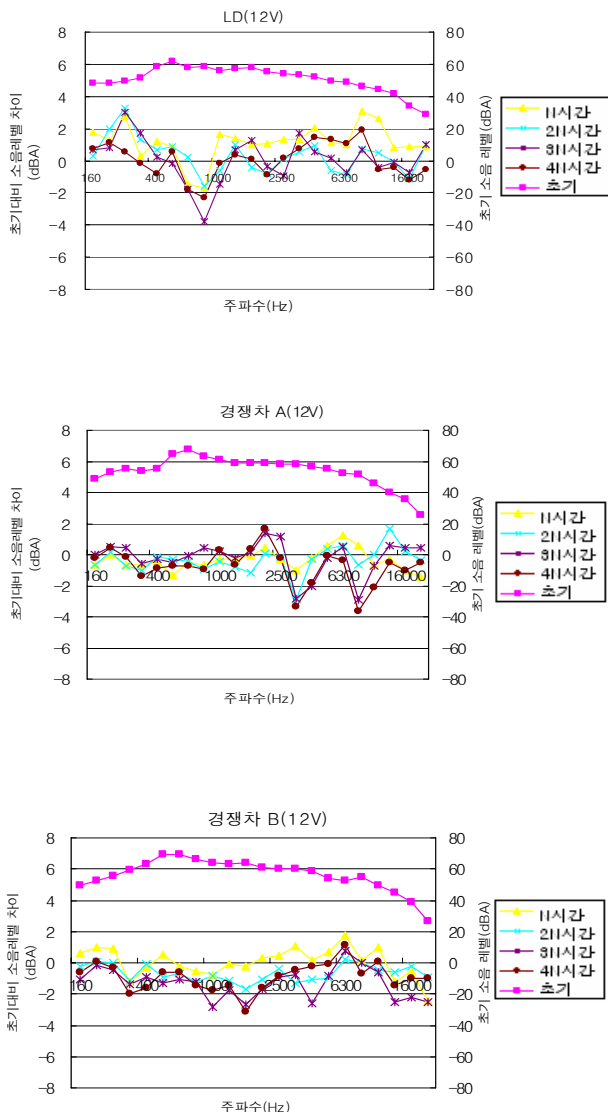


Fig. 11 내구진행별 주파수분석 결과(초기소음레벨 VS 진행시간별 초기대비 소음레벨 차이)

LD 차량의 경우 내구 진행 시간이 N 시간 및 2N 시간일 경우 일부 저주파수 및 고주파수에서 소음 레벨이 증가하였으나 그 크기는 최대 3.2dBA 를 넘지 않으며 그 이후로 내구 시간이 증가되면 초기 대비 최대 증가량은 2.0dBA 이내로 줄어든다. 또한 대부분의 주파수에서는 초기와 동등 또는 미소 감소하는 것을 알 수 있다.

경쟁차 A 의 경우 최대 소음 증가량은 2.0dBA 를 넘지 않으며 내구 진행에 따른 초기 대비 소음 레벨 차이의 변화량도 작게 나타났다.

경쟁차 B 의 경우 경쟁차 A 와 유사한 결과를 보여준다.

경쟁차 C 의 경우 상대적으로 주파수에 따른 초기 대비 소음 레벨 차이의 변동량이 크게 나타났다. 최대 증가량은 2.4dBA 이며 최대 감소량은 -6.7dBA 로 그 차이는 9.1dBA 이다.

경쟁차 D 의 경우 다른 차량에 고 RPM 으로 회전하여 500Hz 이상의 영역에서 소음레벨이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 이 차량도 내구 평가 시 초기 대비 최대 소음 증가량은 2.6dBA 이하이며 상기 차량과 비슷한 경향을 나타냈다.

전체적으로 보면 초기 대비 내구 진행이 됨에 따라 주파수별 소음 레벨의 크기는 특정 주파수에서 일부 증가하나 전체적으로 소음 레벨이 감소하는 것을 알 수 있고 이는 앞에서 내구 시간별 전류 변화에서 본 것과 마찬가지로 전류의 감소에 따른

영향을 나타낸 것이라 할 수 있다.

3.3 내구 완료 후 분해 분석 결과

구분	브러쉬/정류자 마모 상태	마모량(mm)
LD		정류자 외경 $\Phi 23.0 \rightarrow \Phi 22.6$ 브러쉬 길이 12.5 \rightarrow 10.3(+), 10.2(-)
경쟁차 A		정류자 외경 $\Phi 23.1 \rightarrow \Phi 22.9$ 브러쉬 길이 16.5 \rightarrow 13.7(+), 13.5(-)
경쟁차 B		정류자 외경 $\Phi 23.1 \rightarrow \Phi 22.9$ 브러쉬 길이 15.3 \rightarrow 11.9(+), 11.2(-)
경쟁차 C		정류자 외경 $\Phi 23.1 \rightarrow \Phi 22.9$ 브러쉬 길이 N/A \rightarrow 17.2(+), 17.1(-)
경쟁차 D		정류자 외경 $\Phi 23.1 \rightarrow \Phi 22.5$ 브러쉬 길이 15.0 \rightarrow 9.8(+), 8.5(-)

Fig. 12 내구완료 후 브러쉬 및 정류자 분해 분석 결과

분해 분석한 결과 경쟁차 D 를 제외한 모든 차량은 브러쉬 및 정류자의 표면 거칠기가 비교적 양호하였다. 경쟁차 D 의 경우 고 RPM 으로 회전하여 브러쉬 및 정류자의 기계적 마찰이 심해 표면 거칠기가 심하고 마모량도 다른 차량은 정류자 외경이 0.2~0.4mm, 브러쉬 길이는 2.2~4.1mm 줄어드는 데 비해 정류자 외경은 0.6mm, 브러쉬 길이는 5.2~6.5mm 가 줄어들어 상대적으로 마모량이 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

블로워 모터 내구 시험 시 기존에는 블로워 풍량 성능 변화 및 분해 분석 후 특이 사항 조사 등에 대해서는 당사 내구 시험 모드에 따라 진행해 왔다. 그러나 블로워 모터 소음에 관해서는 초기 성능 평가는 이루어져 왔지만 내구 모드에 따른 소음 성능에 대해 SPEC 화가 되어있지 않았다. 따

라서 블로워 소음 관련한 VDS 성능 개선을 위해서는 블로워 모터 내구 시험 시 소음에 대한 시험 조건 및 성능을 규정할 필요가 있다.

본 논문에서는 기존 내구 시험 모드를 통해 당사 차량을 포함하여 경쟁차량과 각 진행 단계별 소음 성능을 계측 평가 및 분석하였고, 내구 완료 후 청음 평가 및 분해 분석을 통해 초기 상태와의 변화량도 확인하였다. 당사 차량의 블로워 모터 내구 후 소음 성능은 경쟁차와 동등한 수준으로 나타났으며, 이 모든 결과를 바탕으로 블로워 모터 소음에 대한 내구 기준을 마련할 예정이다.