

수치적 방법을 이용한 저소음 얼터네이터 냉각팬의 개발 및 소음 특성 분석

Development and Analysis on Noise Characteristics of Low Noise Cooling Fan for an Alternator by Using Numerical Method

김 욱† · 전완호* · 현재진 · 임철구 · 이성하**

Wook Kim, Wan-Ho Jeon, Jae-Jin Hyun, Chul-Koo Lim, Sung-Ha Lee

Key Words : Alternator(얼터네이터), Cooling fan(냉각팬), CFD(전산유체역학), CAA(전산유동음상사법)

ABSTRACT

An alternator which converts mechanical rotating energy into electric energy is an important component of a vehicle. It operates in broad range from 3000 RPM to 18000 RPM. So, sufficient flow rate and low noise are needed in such broad operating range for a cooling fan of this alternator. In current study, the cooling fan of an alternator is developed through DFSS process and numerical analysis. In order to calculate flow rate and noise level, *SC/Tetra* and *FlowNoise S/W* are used respectively, for a new developed fan, compared with original model, numerical result shows 3 dBA reduction and measured value shows 4 dBA reduction.

1. 서론

자동차의 얼터네이터는 일반적으로 벨트에 의하여 엔진에 연결되어 작동하는 구조로 엔진의 회전 운동 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치로서 설계할 때는 전 작동영역에서의 냉각 풍량과 고속에서의 소음을 모두 고려해야 다.

원심팬의 주요 소음은 BPF의 톤소음과 조화 주파수 소음이 주요 원인이 되는 경우가 많으며 BPF의 톤소음은 회전하는 임펄러와 회전하지 않는 구조물의 상호 작용에 따른 이극자소음이다(1,2).

CAA(Computational Acoustic Analogy) 방법은 FW-H 방정식, Lowson 방정식과 Curle 방정식과 같이 Lighthill 방정식을 이산화하여 생성항을 적용하여 소음을 예측하는 방법이다. 본 연구에서는 생성항에 CFD 해석 결과를 적용하여 이극자 소음을 예측하는 방법을 적용하였다(3-8)

원심팬의 성능과 소음에 영향을 미치는 인자는 팬의 외경, 팬의 폭, 깃의 입출구각, 현길이와 깃의 개수등이 있다. 본 연구에서는 깃의 입출구각, 현길이와 깃의 개수를 주요인자로 선정하였으며, 최적화

방법으로는 실험계획법(DOE)을 이용하였다.

2. 얼터네이터와 냉각팬

그림 1에 얼터네이터의 외형과 단면도를 나타내었다. 얼터네이터내부의 특이한 점은 로터와 스테이터 사이의 거리가 0.5 mm로 상당히 좁으며 팬의 입구 바로 앞에 불규칙적으로 배열된 전장부품이 있기 때문에 팬으로 유입되는 유동이 교란되어 소음과 성능에 좋지 않은 구조이다.

그림 2는 원심팬의 평면도로서 주요 설계 인자를 나타내었다. 본 연구에서는 팬의 외경과 폭이 정해져 있기 때문에 주요 설계인자로 입구각, 출구각, 현길이와 깃의 개수를 선정하였다.

3. 원심팬의 설계

원심팬의 주요 인자인 입출구각의 선정은 시스템 유량과 팬의 회전 속도를 고려하여 속도 삼각

† 김욱; (주)세덕
E-mail : wkim@cedic.biz
Tel : (02) 2113-0083, Fax : (02) 2113-0085
.. (주)세덕
.. 한국델파이주식회사

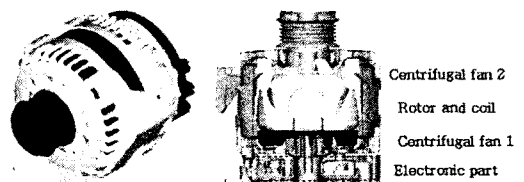


Fig. 1 Outside and inside shapes of the alternator

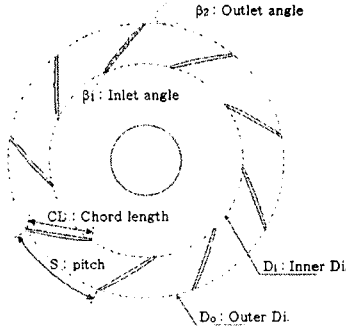


Fig. 2 Shape and terminologies of an impeller

형과 오일러 방정식에 의해서 기본값을 바탕으로 하여 입구각의 범위는 $25^\circ \sim 30^\circ$, 출구각은 $50^\circ \sim 60^\circ$, 깃의 개수는 8, 10, 13 그리고 현길이는 $14.5 \text{ mm} \sim 21.5 \text{ mm}$ 로 선정하였다. 이러한 4 개의 인자와 각각의 3 개의 수준에 대해서 실험계획법에 따라 9 개의 팬을 그림 3 과 같이 설계하였다.

설계된 9 개의 팬에 대해서 CFD 와 CAA 분석하여 실험계획법에 따른 다구치분석 결과 각 인자의 유량과 소음에 대한 경향성을 분석하여 L5 팬이 유량과 소음을 동시에 만족하는 팬으로 선정되었으며 유량은 동등 수준에 소음은 3 dBA 정도가 감소했지만 보다 더 좋은 결과를 얻기 위해서 깃의 개수가 증가할수록 유동과 소음이 개선되는 다구치 분석 결과에 따라서 깃의 개수를 16 개로 늘리고 툰소음을 줄이기 위해서 깃의 부등 간격 배열을 적용하여 최적팬을 설계하였다. 최적팬의 유동과 소음 해석 결과는 그림 12 와 같이 유량은 2.7 % 증가하고 소음은 양산 모델에 비하여 약 4 dBA 저감되었다.

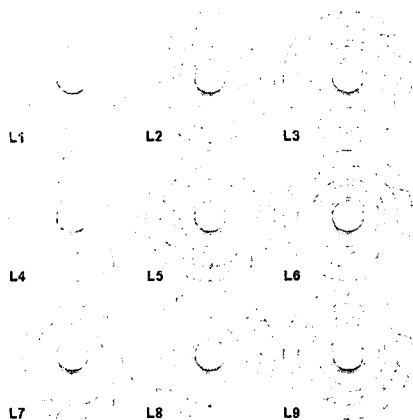


Fig. 3 Fans and designed with L9 DOE table

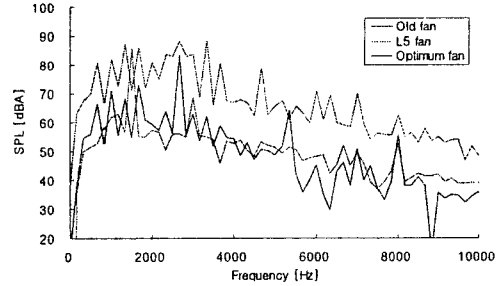


Fig. 13 Sound spectrum of base, L5 and optimum fan

4. 결론

본 연구에서는 CFD 해석 방법과 CAA 연성 해석 방법을 수치적 방법으로 이용하고 최적 설계 방법으로는 DFSS 방법중 하나인 L9 DOE 방법을 이용하여 팬 설계를 수행하였다. 설계 결과로 현 양산 모델보다 유량 약 3 % 향상과 소음 4 dBA 저감된 팬을 설계하였으며 검증을 위하여 목업을 제작하여 시험 측정된 결과, 동일 풍량에서 소음이 약 4 dBA 감소하여 개발된 결과가 잘 예측된 결과임을 확인하였다.

또한, 본 연구를 통해서 팬 설계에 있어서 시험 측정을 배제한 상태에서 오로지 CFD 해석과 CAA 의 연성 해석을 통해서 팬 개발이 가능함을 보였다.

참고 문헌

- (1) Morfey, C. L., "Sound generation in subsonic turbomachinery," J. Basic Eng. (ASME), 92D, 450-458 (1970).
- (2) Chen, M. Z. and Wu, X. H., "Vortex simulation of rotor/stator interaction in turbomachinery," Trans. ASME, 121, 358-364 (1999).
- (3) Lighthill, M. J., "On sound generated aerodynamically," I. General Theory. Proc. Roy. Soc., A211, 564-587 (1952).
- (4) Ffowcs Williams J. E. and Hawkings, D. L., "Sound generation by turbulence and surfaces in arbitrary motion," Phil. Trans. Roy. Soc., A264, 321-342 (1969).
- (5) Curle, N., "The influence of solid boundaries on aerodynamic sound," Proc. Roy. Soc., A231, 505-514 (1955).
- (6) Jeon, W. H. and Lee, D. J., "An analysis of the flow and aerodynamic acoustic sources of a centrifugal impeller," J. Sound Vbi., 222, 505-511 (1999).
- (7) Kim, W., Jeon, W. H., Cho J.-H., Shin, D.-S. and Kim, H., "Numerical study on the noise generation of the axial flow fan in a refrigerator," Proc. Internoise2006, Honolulu, IN06_225, (2006).
- (8) Lee, K. Y., Choi, Y. S., Kim, Y. L and Yun, J. H., "Design of axial fan using inverse design method," Proc. ACIFM9-166, Jeju, (2007).