

철도차량용 개방형 자기 통풍식 견인전동기 냉각팬 소음저감에 관한 연구

Study on noise reduction of opened self-ventilation cooling fan of traction motor for railway vehicles

조영억*[†], 김봉철*, 최열준*, 박영호*

Young Eok Cho*[†], Bong Chul Kim*[†], Yeol Jun Choi*, Yeong Ho Park**

초 록 본 논문에서는 철도차량용 개방형 자기 통풍식 견인전동기 냉각팬의 저소음화를 위해 적용된 개선내용들을 기술하고, 유동해석과 소음해석을 실시하여 소음 개선 효과와 검증결과를 기술하였다. 냉각팬의 형상 변경에 따른 팬 유량 변화를 검토하고 소음 저감과 동시에 팬 성능 만족을 위해 기존 냉각팬과 동일 유량을 만족시키도록 개선형상을 최적화하였다. 최종적으로, 기존 냉각팬의 성능을 만족하며 저소음화된 냉각팬 설계를 확보하였다.

주요어 : 개방형, 자기 통풍식, 원심형 냉각팬, 저소음

1. 서 론

최근 철도차량의 환경영향을 줄이기 위한 연구가 활발히 이루어지며 견인전동기의 소음저감이 강력히 요구되고 있다.

철도차량에서 일반적으로 사용되는 개방형 견인전동기 소음을 저감하기 위해서는 소음원을 개선하여 소음 발생을 저감하는 방법과, 저소음기를 설치하는 방법이 있다. 철도차량용 견인전동기의 특성상, 설치공간과 무게가 제한되기 때문에 저소음기를 설치하는 방법은 지양된다. 이에 통풍에 의해 냉각되는 개방형 자기 통풍식 견인전동기에 대해서 소음의 주원인인 공력소음을 발생시키는 냉각팬의 개선이 필요하다. 냉각팬에서 발생하는 공력소음은 크게 두 가지로 나뉘어진다[1].

- 1) 광대역주파수소음(난류소음) : 광대역소음은 무작위로 산포된 음원에서 나타나며, 팬 날개상의 공력적인 힘의 변화에서 발생하는 경우와 날개 후류에서 발생하는 경우로 나뉘어진다.

으로 변동하여 발생하며 주성분은 날개수 X회전수를 기본주파수로 가지는 소음이다.

본 연구에서는 냉각팬의 광대역소음 및 회전소음을 줄이기 위해 유동해석과 소음해석을 실시하여 변경된 형상의 소음 저감 효과를 확인한다.

2. 본 론

2.1 날개 단면 형상변경에 따른 소음 저감

냉각팬의 소음 해석결과, 날개 입구부에서 소음이 상대적으로 높게 나왔으며, 유동해석결과를 통해 날개의 입구부를 가로지르는 공기유동이 날개로부터 박리되어 난류가 발생하는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 냉각팬 날개 입구부에서 날개 단면과 부딪힌 공기가 날개 표면으로부터 박리되며 난류를 발생시키는 현상을 줄이기 위해 날개의 단면에 유선형상을 적용하여 공기 유동이 날개 표면을 따라 흐르도록 하였다. Fig.1과 같이 단면 형상을 변경한 날개의 소음해석결과, 날개 입구부의 소음이 줄어든 것을 확인하였다.

[†] 교신저자: 현대로템(주) 전장품개발팀
(yecho0602@hyundai-rottem.co.kr)

* 현대로템(주) 전장품개발팀

2) 회전소음 : 날개주변의 압력장이 주기적

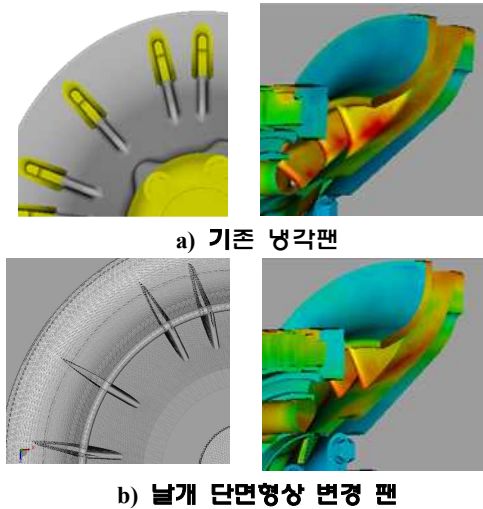


Fig. 1 냉각팬 단면 형상 변경 및 소음해석 결과

2.2 날개 팁형상 변경에 따른 소음저감

Fig.2는 냉각팬 날개 팁의 형상을 변경하여 소음해석한 결과이다. Fig.2(a)에서와 같이 기존 냉각팬의 날개 팁부분에서 상대적으로 높은 소음이 발생하는 것을 확인하였으며 유동해석결과, 팁부분의 공기 유동속도가 가장 빠르며 이후 날개를 빠져나간 공기의 속도가 급격히 줄어들며 압력변동이 발생하였다. 날개 팁의 압력변화를 줄이기 위해 날개팁에 경사를 적용하여 팁부분의 각속도를 불균일하게 만들어 유속의 급격한 변화를 줄여 압력변동을 완화하였다. 변경된 형상으로 소음을 해석한 결과, 날개 팁부분의 소음이 줄어드는 효과를 확인하였다.

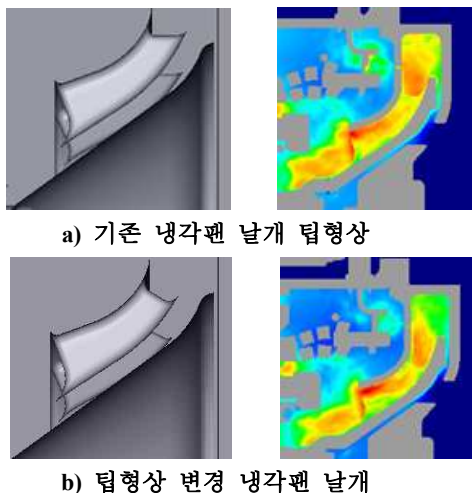


Fig. 2 냉각팬 팁형상 변경 및 소음해석 결과

2.3 날개 형상변경에 따른 팬 유량 특성

Fig.3은 날개 형상 변경으로 기존 냉각팬 대비 유량의 변화를 나타내고 있다.

날개 단면에 유선 형상을 적용한 팬은 날개의 유동저항이 감소하여 유량이 증가하였으며, 날개 팁형상을 변경한 냉각팬은 평균 날개 높이가 기존대비 감소하여 팬에 의해 발생하는 압력 또한 감소하였기 때문에 유량이 줄어들었다. 이와 같이 날개 팁형상을 변경하면 팬의 송풍압력은 저하되지만 날개 단면 유선형상 적용으로 유동저항이 줄기 때문에 유량측면에서 상보적인 관계를 가지고 있다. 이에 팁형상 및 날개단면 형상 최적화를 통해 기존 냉각팬 대비 동등한 유량을 유지하였다.

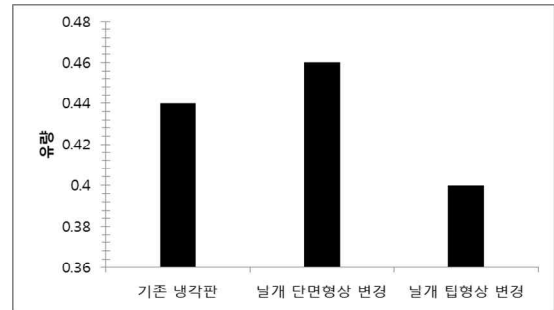


Fig.3 냉각팬 형상 변경에 따른 유량

2.4 개선팬 소음 결과

개선사항을 종합적으로 적용한 냉각팬의 소음해석을 통해 소음 저감효과를 확인하였다.

소음장 측정위치는 모터 주변 9점에 대해 측정하였으며, 결과는 Fig.4와 같다. 소음은 전 측정포인트에서 기존 냉각팬 대비 최대 3.1dB(A), 최소 1.3dB(A), 평균 2.3dB(A)가 감소하였다. 가장 소음이 많이 감소한 측정 위치는 9번으로 공기 배풍구측에 위치하여 냉각팬 공력소음 저감으로 인한 효과가 상대적으로 높게 나타난 것을 알 수 있다. 반면, 소음이 가장 적게 저감한 위치는 3번으로, 견인전동기 배풍구 반대편은 상대적으로 공

력소음에 대한 영향이 적은 위치이기 때문에 냉각팬 소음저감 효과 또한 미미하게 나타났다.

참고문헌

- [1] T. Fujii and N. Nakagawa, Experimental Study on Frictional Vibration in Bearing Case of Centrifugal Fan, *Journal of System Design and Dynamics*, Vol.1, No.3(2007), 639-647.

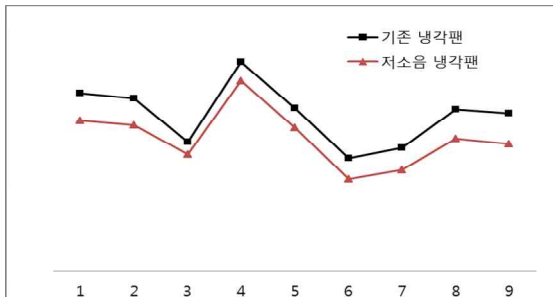
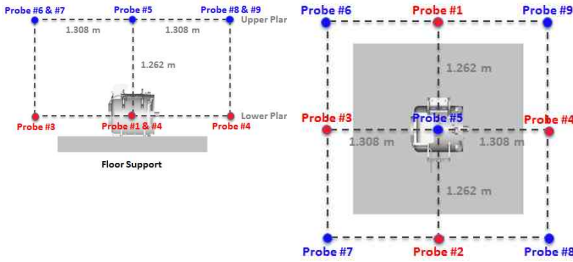


Fig. 4 소음장 내 소음측정 위치 및 소음해석 결과

3. 결론

본 연구는 철도차량용 개방형 자기 통풍식 견인전동기의 냉각팬의 저소음화를 위해 유동 및 소음해석을 통하여 설계 및 효과를 검증하였으며 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 냉각팬 날개 단면의 형상을 유선형으로 적용하여 날개 입구부에서 발생하는 유동 박리로 인한 난류를 감소시켜 소음저감 효과를 나타내었다.
- 2) 유동속도의 변화가 가장 심한 날개 팁의 경사를 적용하여 유동변화를 저감시켜 압력변동을 완화시킴으로써 소음이 개선되었다.
- 3) 날개 단면 유선형상을 적용하면 유동저항이 감소하여 기존 냉각팬 대비 유량이 증가하고, 날개 팁경사를 적용하면 날개 높이 감소로 인해 유량이 감소하였다. 기존 유량을 유지하기 위해 유량변화가 상보적인 두 개선사항을 동시에 적용 및 최적화 하여 기존 냉각팬 유량 성능을 만족시켰다.