

고속차량 진동이 전장장치 냉각팬에 끼치는 영향 분석
**Analysis of Electric equipment's cooling fan affected by the high-speed vehicle
vibration**

김성준[†], 김연준, 김성태, 이규진

Sung Jun Kim[†], Yeon Jun Kim, Sung Tae Kim, Kyu Jin Lee

Abstract Of modern High speed train was a condition that cannot avoid an increase in the vibration. Accordingly there is a trend for increasing the installation of the cooling device capable of cooling to the force when the electrical component designs and manufacturing. If the speed of fast high-speed vehicles is a number of cooling units installed in preparation for electric cars or light rail. How to select the cooling unit on the battlefield of various cooling systems such as air cooling, cooling, natural cooling, and accordingly applicable review requirements became mandatory in vehicle design and production. In this paper, through the analysis of the problems and the cooling device (especially, a cooling fan) , which occurs in the vehicle to improve high-speed rail and discussion about the cooling.

Keywords : Cooling Fan, Electric equipment, High speed train, Vibration

초 록

현대의 철도차량은 속도 증가에 따른 전장장치 용량의 증가로 인하여 장치발열의 증가가 피할 수 없는 조건이 되었다. 이에 따라서 전장품 설계 및 제작 시 장치의 발열을 강제로 냉각할 수 있는 냉각장치의 설치가 점차 증가하는 추세이다. 속도가 빠른 고속차량 같은 경우 전동차량이나 경전철에 대비하여 차량내부에 더 많은 전장품 냉각장치가 설치되어 있다. 냉각방법(공기 냉각, 수냉각, 자연냉각 등)에 따라 전장장치의 냉각방법을 선정하고 검토 및 연구하는 것은 차량 설계 및 제작에 있어서 필수 사항이 되었다. 본 논문에서는 고속철도차량에서 발생하고 있는 냉각장치(특히 냉각팬)의 문제점 및 분석을 통하여 냉각장치의 개선 및 대하여 논하고자 한다.

주요어 : 냉각팬, 전장장치, 고속차량, 진동

† 교신저자: 현대로템 고속차량개발팀(sjkim@hyundai-rotem.co.kr)

1. 서론

고속철도차량은 다른 타입의 차량에서 발생하지 않았던 문제들이 발생되고, 이에 따른 해결 방법의 도출을 요구되고 있다. 많은 연구를 통하여 고속차량에서 발생하는 진동 문제를 분석하고 연구되었고, 저소음 저진동 고속차량 개발을 위하여 연구성과를 반영한 개선 노력이 진행되고 있는 중이다. 고속차량 진동은 사람을 포함하여 기계장치, 전기장치 등 차량내부에 있는 모든 것에 영향을 끼칠 수 있다. 본 논문에서는 특히 전장장치 및 냉각팬에 끼치는 영향을 분석하여 더욱더 신뢰성이 좋고, 고장 발생을 저감되는 철도차량을 개발하는데, 도움이 되고자 한다. 본 논문의 구성은, 고속철도차량 전장장치 냉각팬에 미치는 인자를 분석하고, 적정성을 검증하기 위하여 단품 상태에서 국제규격에 준한 시험을 실시하여 검증하고, 운행중 진동측정을 실시하여 냉각팬에 미치는 영향을 분석하고, 그 원인을 고찰하였다. 냉각팬 고장과 진동과의 인자관계 분석하여 좀더 신뢰성 좋은 전장품 및 차량을 제작하는데 도움이 되고자 한다.

2. 본론

2.1 진동이 냉각팬에 끼치는 영향 분석

2.1.1 전장품 냉각팬의 고장유형 및 예상원인

고속철도차량을 최초로 제작 후 운행선로에서, 시운전 및 영업운전을 일정기간 경과한 차량은 차량내부에 장치들이 고장이 발생할 수 있다. 이러한 고장을 예방하기 위하여 사전에 부품들을 유지 보수하여 교체하고 이에 따라서 각 부품들은 수명을 예측한다. 만약, 예측과는 다르게 차량의 여러 가지 환경요인(진동, 먼지 등)에 의하여 고장이 발생할 수 있는 가능성이 존재할 수 있다. 냉각팬의 경우 차량이 운행되면 장치가 기동하고 있는 동안에는 항상 운전되고 있고, 냉각팬의 고장발생시 장치가 기능을 못할 수 있다. 따라서 냉각팬의 고장은 해당장치의 고장으로 직결될 수 있는 부분이고, 차량의 운행에 장애를 일으킬 수 있는 가능성이 크다. 팬과 모터로 구성된 전장장치의 냉각팬의 고장현상으로는 냉각팬 모터의 베어링고착으로 인한 회전불량, 모터 권선과 차체간의 접지로 절연파괴, 운행중 또는 정차상태 이음발생 등의 경향으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

2.1.2 현상확인

고장현상을 육안으로 확인하기 위하여 모터팬을 분해해보면 고장현상으로 모터의 (1) 고정자와 회전자의 간섭현상 (2) 베어링의 파손 (3) 베어링 내부 그리스 유출에 의한 베어링 고착 현상 (4)베어링 시트 손상 등으로 모터의 소손 및 냉각팬의 이상소음이 발생할 수 있는 요인임을 확인할 수 있었다. (그림1 참조)

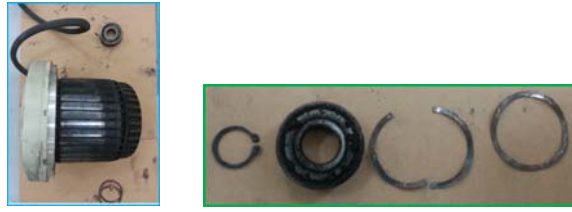


그림1. 냉각팬 모터의 고정자 간섭 사진 및 베어링부 파손 사례

2.1.2 원인분석

상세한 원인을 확인하기 위하여 우선 고장품 냉각팬의 동심도 측정하여 조사를 실시하였다. 그림 2와 같이 냉각팬 중심에서 상하좌우 4개면의 치수를 측정하여, 최대/최소치수의 차이값을 확인을 통하여 동심도의 이상여부를 확인 하였다. 표1의 결과를 확인해 보면, 고장품의 경우 정상품 대비하여 동심도가 0.2mm이상 벗어난 것을 확인 할 수 있었다. 일반적으로 회전자와 고정자의 공극 거리가 0.3mm정도 이므로 표1의 결과와 같은 치수라면 회전자와 고정자가 간섭될 수가 있다. (표 1 및 그림 2참조)

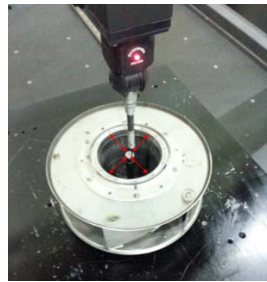


그림2 냉각팬의 동심도 측정

항목		측정 시료			
		시료1	시료2	시료3	시료4
동심도	1차측정	0.31	0.301	0.024	0.077
	2차측정	0.27	0.314	0.042	0.063

표1. 동심도 측정 결과

상기와 같은 표1의 결과로 보면 시료 1과 시료2가 고장품이었고 시료3과 시료 4가 정상품이었다. 시료1,2는 공극 치수와 비슷한 약 0.3mm의 편차가 발생했고 편차의 원인이 냉각팬의 고장의 원인임을 알 수 있었다.

또한, 차량 운행중 냉각팬에 인가되는 진동현황을 확인할 필요가 있었다. 참고로 참고문헌 2의 논문에 의하면, 동력차의 진동이 객차보다 더 많이 인가되고 있다고 보고한바 있다.

냉각팬에 인가되는 진동의 현황을 확인하기 위하여 (1)냉각팬의 고정자, (2) 냉각팬의 지지대 (3)차체의 바닥에 진동측정센서를 설치하여 진동현황을 측정하였다. 그림 3이 실제 측정된 위치이고 그림4가 속도에 따른 각각의 인가되는 진동현황을 그래프로 도출 하였다.



(a) 송풍팬 지지대



(b) 송풍팬 고정자



(c) 차체 바닥

그림3. 실제 고속차량에서 진동센서 설치

운행 중 진동 측정 시험 결과

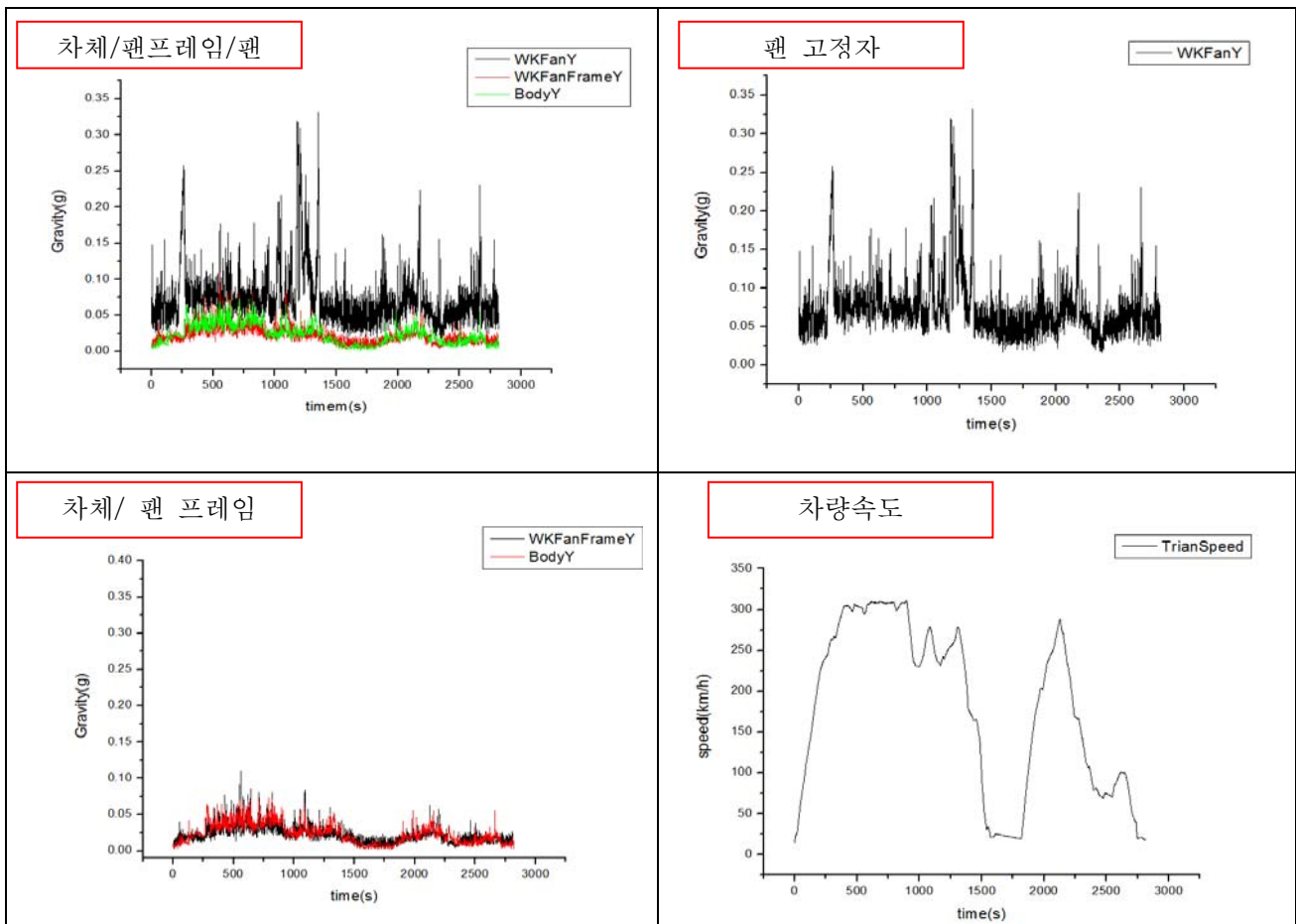
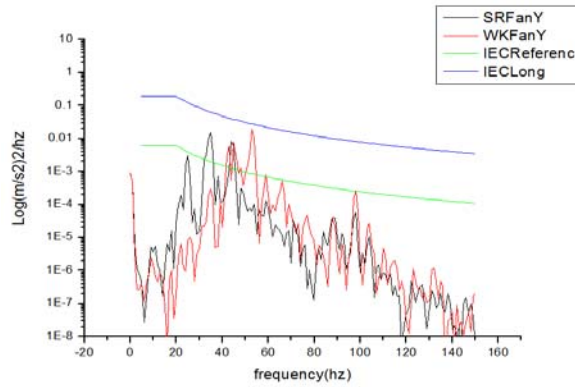


그림4. 속도에 따른 진동측정 그래프

상기와 같이 진동측정 결과 그래프 도출한 결과 차체와 팬프레임에 걸리는 진동의 세기 경향은 속도에 변화에 따라 변화하는 경향과 비슷하였고 진동의 세기는 0.1g 이하로 측정이 되었었고 하였다. 그러나 팬 고정자에 인가되는 진동의 세기는 팬 고정자에 걸리는 진동의 경향을 차체와 다르게 최대 0.3g까지 인가될 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 특정 주파수대역

에서 발생되고 있다
측정시험 결과를 바
분석을 실시하였다.



는 것으로 예상되어 진동
탕으로 주파수 스펙트럼

그림5. 진동측정그래프의 주파수 스펙트럼 분석

그림5와 같은 주파수 스펙트럼 분석 결과를 도출하였으며 약 50Hz 대역에서 높게 측정된 것
을 확인할 수 있었고, 그림5에서 높게 측정된 부분이 50Hz 대역으로 판단된다.

KS B ISO 14694의 표5의 운전 조건에서 수행된 시험에 대한 진동의 한계에 의하면 신착, 경
고, 차단의 세가지 기준으로 송풍기의 진동품질을 판단한다. BV-3(수송기계)기준으로 송풍기
의 설치조건을 연성지지와 경성지지로 나눌 수 있는데, 조건에 따라 가속도G값을 아래 표와
같이 환산하여 보았다.

조건	경성지지(mm/s)		연성지지(mm/s)		가속도 환산(g)	비고
	피크값	실효값	피크값	실효값		
신착	6.4	4.5	8.8	6.3	2.17(0.22g)	BV-3적 용
경고	10.2	7.1	16.5	11.8	4.07(0.41g)	
차단	12.7	9.0	17.8	12.5	4.31(0.44g)	

표2. KS B ISO 14694에 의한 산업용 송풍팬 판단기준 및 환산값

규격에 의하면 송풍기의 위험수준인 경고 및 차단의 조건을 가속도로 환산시 0.4g이상으로
판단된다. 상기 그림 5의 시험결과의 경우 0.4g이내로 측정되었기 때문에 송풍기의 적용시 특
별히 문제가 되지 않는다고 판단되었다.



그림6. 고장 냉각팬의 진동그래프 현황

그러나 상기 측정 그래프와 같이 0.4g를 초과하는 냉각팬이 존재할 수가 있다. 기준을 0.4g로 설정한다면 냉각팬의 진동기준을 0.4g이내로 관리해야 한다는 의미가 될 것이다.

만약 신규차량에서 상기 이상진동이 많이 발생된다면, 냉각팬의 설치방법 및 구조를 재 검토해야 한다. 냉각팬은 방진용 패드 적용 및 베어링 외륜과 베어링 seat간 간격 조정의 설계적인 방법을 통하여 개선이 필요하다.

* 참고(그림 5 그래프 설명); 파란색(송풍팬), 적색(팬 프레임), 녹색(차체)

3. 결론

상기 원인분석과 같이 냉각팬의 문제를 발생시킬 수 있는 요인을 검토하고, 규격 분석을 바탕으로 및 시험실 및 현장에서 시험을 통하여 도출한 결과를 비교 분석하였다. 만약 신차 냉각팬의 냉각팬의 트러블을 발생할 경우 상기 분석 방법을 통하여 현상분석을 실시하고, 이에 따라 냉각팬에 걸리는 진동인가 최소화 방안을 검토해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] KS B ISO 14694 산업용 송풍기-품질 및 진동 수준의 균형을 위한 시방서: 2004 (2014년 확인)
- [2] 허현무, 박준혁, 김남포, 유원희(2012) - 고속철도차량 동력차 진동 및 승차감 수준 분석. 대한기계학회 춘추학술대회, p234-238