

# 고속차량 KTX의 고장 예방대책에 대한 고찰 (냉각송풍기를 중심으로)

| 강 기 석 | 수도권철도차량관리단 고속차량전기팀  
| 김 진 규 | 기술본부 차량기술단 고속차량팀

## 1. 서론

2004년 4월 고속철도 개통 이후, 차량고장은 지속적으로 감소하고 있으나, 주요 장치를 냉각시키는 냉각송풍기 불량으로 인해 동력차 열감지 고장이 2005년 11월 이후 지속적으로 발생되고 있다.

동력차 열감지 고장이 발생하면, 동력차 하나가 차단되어 동력이 절반으로 줄어 속도를 160km/h 이하로 운행하여야 한다.

따라서 열차 운영에 지장을 초래하는 동력차 열감지 고장의 많은 부분을 차지하고 있는 냉각송풍기의 고장 예방 대책에 대하여 살펴보겠다.

## 2. 냉각송풍기의 기능

고속차량의 동력차에는 모터블록, 보조블록, 주변압기 및 견인전동기에서 발생하는 열을 강제로 냉각시키기 위한 냉각송풍기가 설치되어 있다. 냉각송풍기의 수량은 모터블록 당 3대, 보조블록 당 1대, 주변압기 당 2대, 견인전동기 2대 당 1대로써, 1개 편성에 모터블록용 18대, 보조블록용 2대, 주변압기용 4대, 견인전동기용 6대가 있다.

이들 냉각송풍기 중 모터블록 냉각송풍기의 기능은 다음과 같다.

모터블록의 냉각송풍은 송풍 인버터에서 전원을 공급받는 송풍전동기에 의해 이루어진다. 이 인버터는 견인과 회생제동 중

주파수 (Hz)	설 명
20	최소 송풍(self-ventilation)
45	30km/h 이하의 속도, 접촉기가 닫힌 후 1분 이내
56	견인 또는 회생 제동
60	발전 제동

에는 570V 보조회로 전압에 의해 공급되고 발전제동 중에는 제동저항기의 양단 터미널에 의해 전원을 공급받는다.<sup>1)</sup>

모터블록의 전력변환장치의 냉각을 위한 송풍은 동작 조건에 따라 다음과 같이 제한된다.

송풍 요구는 다음의 규칙을 이용하여 모터블록컴퓨터(MBU)에 의하여 이루어진다.

- 견인과 제동 없이 최소 송풍이 요청되는 경우, 요청된 송풍 주파수는 20Hz이다.
- 회전자 과열 고장 시, 요청된 송풍 주파수는 56 Hz이다.
- 속도가 한계속도 30 km/h 이하이고 제동이나 견인 접촉기가 1분 미만으로 닫혀 있는 경우, 주파수는 45 Hz로 제한된다. 속도가 한계속도 30 km/h 보다 크거나 접촉기들이 1분 이상 닫혀 있는 경우, 주파수는 56 Hz로 제한된다. 이 제한 내에서 모터블록이 견인모드 또는 회생제동모드에 있을 경우, 주파수는 모터블록 전류에 따라 변한다.
- 제향 제동 중에, 이 구성에서 송풍 인버터는 격자저항기(Z-BK-02)의 러그에 의해 전원을 공급받기 때문에 자신의 전원 공급 전압을 이용하여 자기 자신의 요구를 생성한다. 동시에 몇 개의 다른 값이 존재하면, 최대값이 이용된다. 이 값은 아

1) 계약자 : KTGV(한국 TGV 컨소시엄)의 주권회사인 EUKORAIL  
2) NOCO NOCO : Non Conformance (부적합 사항 : 계약자 자체 수정작업)

날로그 형태로 송풍 인버터에 전송된다.

주파수 변화 요구는 증가 시에는 13 Hz/s로, 감소 시에는 5 Hz/s로 오르거나 내리도록 제한된다.

### 3. 냉각송풍기 관련 고장 현황

고속차량 운행 중 모터블록 냉각송풍기가 고장으로 동작하지 않을 경우, 특히 발전제동 중에는 격자저항기에서 발생하는 열이 외부로 방출되지 않고 불량 냉각송풍기 쪽으로 역류하여 모터블록에 설치되어 있는 열산 튜브를 천공하여 동력차 열감지가 동작되도록 한다.

동력차에서 열감지가 동작되면, 열감지가 발생한 동력차는 차단되어 전차선 전압 25 kV의 전원을 공급받지 못하여 보조블록 및 모터블록 3대가 작동되지 않아 열차는 160 km/h의 속도로 제한받는다.

로 제한받는다.

이러한 모터블록 냉각송풍기 장애로 인한 차량고장이 개통 1년 6개월 후인 2005년 11월부터 발생하기 시작하였다. 이때의 고장은 냉각송풍전동기의 회전자 축이 균열되는 현상이 발생하였으며, 2007년 9월부터는 냉각송풍기 송풍 날개가 절손(파손)되는 장애가 발생하였다. 2008년 5월 31일까지 발생한 운행 장애현황은 다음 표 1~3과 같다.

### 4. 냉각송풍기 불량 원인조사 및 분석

#### 4.1 추정원인

모터블록 냉각송풍기의 회전속도는 열차속도, 견인전동기 전류, 타력운전, 발전제동, 회생제동 등 열차운행 환경변화에 따라 전동기에 공급되는 주파수를 가변(20, 45, 56, 60Hz)시켜 속

표 1. 냉각송풍기 장애발생 현황

구 분	계	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년
축 절손	5	-	1	2	2	-
날개 파손	8	-	-	-	5	3
계	13	0	1	2	7	3

표 2. 냉각송풍기 회전자 축 절손


순번	발생일	편 성	위 치	주행거리	절손 단면
1	'05.11.xx	KTX-xx	PC2 MB3 #3	664,344km	
2	'06.02.xx	KTX-xx	PC1 MB3 #3	776,696km	
3	'06.02.xx	KTX-xx	PC1 MB3 #3	789,352km	
4	'07.01.xx	KTX-xx	PC2 MB1 #3	1,141,260km	
5	'07.11.xx	KTX-xx	PC1 MB1 #2	1,625,243km	

표 3. 냉각송풍기 날개 절손

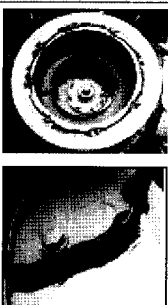
순번	발생일	편 성	위 치	주행거리	절손 부위
1	'07.09.xx	KTX-xx	PC1 MB1 #2	1,419,172km	
2	'07.09.xx	KTX-xx	PC2 MB3 #2	1,465,304km	
3	'07.10.xx	KTX-xx	PC2 MB1 #3	1,529,946km	
4	'07.10.xx	KTX-xx	PC1 MB1 #1	1,583,304km	
5	'07.11.xx	KTX-xx	PC2 MB1 #1	1,535,882km	
6	'08.04.xx	KTX-xx	PC2 MB2 #1	1,776,997km	
7	'08.04.xx	KTX-xx	PC1 MB2 #2	1,688,885km	
8	'08.05.xx	KTX-xx	PC2 MB3 #3	1,835,680km	

표 4. 회전자 축(S/N : 726)의 재료 시험 결과

부품	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Cr(%)	Ni(%)	Mo(%)	CU(%)
S/N:726	0.38	0.27	0.61	0.007	0.009	0.04	0.03	0.02	0.05
기준(*)	0.37~ 0.44	≤0.04	0.50~ 0.80	≤0.035	0.020~ 0.040	≤0.40	≤0.10	≤0.40	

S/N 726-KTX 34 PC1 MB1(MF-MB-03)에서 취거한 샘플 회전자

(\*) 기준: "3C40 NF EN 10083-1"에 기반을 둠

도를 제어하는 시스템으로 설계되어 있다.

주피수 변화에 의한 변속시(저속→고속, 고속→저속) 송풍기 회전에 의한 관성, 전동기의 속도제어 등에 의해 회전자 축에 비교적 많은 토크(torque)가 작용되어 속도변화가 없는 전동기에 비해 전동기 회전자 축의 피로도가 증가될 수 있다.

송풍전동기 규모에 비해 송풍기 날개 자체 중량 과다(7.97 kg)로 가속 및 감속 제어 시 전동기 회전자 축에 과도한 부하가 작용하여 균열이 가중되는 것으로 추정할 수 있다.

날개가 찢어지는 현상은 장기 사용에 따라 날개의 회전 불균형으로 부하가 많이 걸리는 용접부위에서 균열이 시작되어 어느 순간에 찢어지는 것으로 보여진다.

#### 4.2 원인조사 및 분석

송풍전동기 회전자 축 절손 현상이 지속적으로 발생됨에 따라 고속차량의 하자보수 기간 중에 있는 점을 감안하여 로트성 불량으로 확인된 일련번호 692~734까지의 회전자를 교환할 것을 계약자<sup>1)</sup>와 협의하여 NOCO<sup>2)</sup> 8192로 계약자가 작업을 하였다.

계약자가 NOCO로 송풍전동기 회전자 교환 후에도 축절손이 발생하여 운행 중 고장을 방지하기 위하여 2007년 2월1일부터 2월18일까지 고양기지 배속기 30개 편성에 대하여 현장에서 회전자 축 초음파 탐상을 하였다. 탐상결과, 대상 600개(모터블록

및 보조블록용 냉각송풍기) 중 139개가 불량(23.2%)으로 판정되었다.

회전자 축 초음파 탐상에서 2006년도 계약자가 NOCO 작업으로 교환한 축에서도 다음 그림 1과 같이 균열이 발생되어, 회전자 축의 불량률이 로트성이 아닌 냉각송풍기의 설계결함이 원인일 수도 있다는 가정을 하게 되었다.

따라서 계약자는 KTX34호 PC1 MB1에서 발생한 일련번호 726에 대한 정밀조사를 시행하였다.<sup>3)</sup>

- 밸런싱 시험  
조립하기에 앞서 2006년 9월28일 모터와 날개 조립체의 밸런싱을 시험하였으며, 시험결과는 시험기준을 만족(PASS) 하였다.

- 재료시험  
재료시험의 결과는 다음 표 4와 같으며, 기준을 통과(PASS) 하였다.

- 조사 분석 결과, 회전자 축에 대한 설계, 재료의 품질 및 조립과 밸런싱은 준수된 것으로 판단되어 파손 원인은 부품 또는 조립 자체와는 관련이 없는 것으로 나타났다. 그러나 파손은 다음과 같은 외부 원인에 의한 것일 수도 있다.

· 맥동 엔진 토크(pulsatory engine torque ; 운전조건에 연결된 토크 변경시의 고주파)

· 과도한 엔진토크

· 축 key의 가장자리에 과도한 응력 집중을 야기하면서, 과도한 토크를 야기시키는 시계방향 그리고 갑작스러운 반시계 방향 회전

- KTX의 냉각송풍 전동기 회전자 축의 설계와 제작은 모든 TGV 편성에서 사용되는 것과 동일한 것임을 확인하였으며, KTX의 운행 특성 즉, 기존선의 급곡선 구간에서 보다 부드러운 운전 방법을 적용하여 특히 맥동 토크(전인/제동 사이클)를 감소하고, 회전자 축의 key 부분에서 관찰되는 응력 집중과

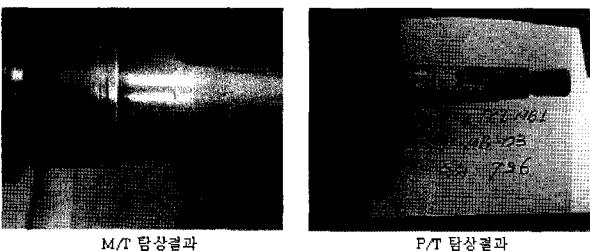


그림. 1. 계약자가 NOCO로 교환한 회전자 축 불량 상태

3) KTX-Reliability Centered Maintenance : KTX 신뢰성기반 유지보수 시스템

피로 현상을 감소하기 위해 재료의 특성을 다음과 같이 향상할 것을 권고하였다.

- 비트는 힘(torsion)의 피로에 더 강한 특성을 지닌 재료로 개선
  - key와 기하학적 불연속성 사이의 응력집중을 피하기 위해 key의 길이를 변경하고 key의 형태를 둥근 형태로 개선
- 정밀조사 결과에 따라, 설계나 조립에는 문제가 없는 것으로 나타났으나, 한국의 운행 특성을 반영하여 보다 개선된 재질과

구 분	회전자 축 재질	키 홈 구조
개선 전	일반 구조용 강(STEEL 2C40:NF)	모서리 각짐
개선 후	크롬몰리브덴강(SCM4:KS)	모서리 라운딩 처리

둥근 형태의 key 홈으로 가공된 회전자 170개를 코레일에 제공할 것을 코레일과 계약자는 합의하였다<sup>4)</sup>.

개선된 회전자 축과 기존 송풍 날개를 사용하여 수선한 냉각송풍기를 차량에 취부함으로써 축 절손은 거의 발생되지 않았지만 2007년 하반기부터 송풍 날개가 찢어지는 현상이 발생하였다.

냉각송풍기의 장애가 회전자 축 절손뿐만 아니라 송풍 날개까지 찢어지는 현상이 발생함에 따라 수도권철도차량관리단 고속신뢰성관리팀에서 "냉각송풍전동기 장애유형 분석"을 하였다<sup>5)</sup>.

2004년 4월부터 2007년 9월까지 KTX-RCM<sup>3)</sup>에 수집된 자료의 현황을 보면, 견인제동 장애건수 639건 중 열감지 관련 장애가 52건으로 전체의 8.1%를 차지하였으며, 냉각송풍기 교환은 모터블록용 54건, 견인전동기용 18건, 주변압기용이 8건 발생하였다.

장애 유형으로는 송풍 날개 찢어짐, 고착, 균열, 소손, 차단, 축 절손, 이음 등이 있으며 날개가 찢어지는 현상이 가장 많았다. 냉각송풍기의 고장간 평균 주행거리 MKBF는 표 5와 같다.

#### 4.3 알루미늄 송풍날개 시험조사

앞에서 언급한 추정원인에서와 같이, 가변속도에 따른 토크 변화에 따라 냉각송풍기 회전자 축이 부담하고 있는 부하를 경감하기 위해 현행 송풍 날개의 재질보다 경량화 할 수 있는 알루미늄 날개를 개발하여 현차에 취부 시험조사를 하였다.

보다 경량화된 송풍 날개의 필요성에 따라 송풍기 전문제작업체 중 (주)태일송풍기<sup>5)</sup>와 협의하여 3대의 송풍 날개를 알루미늄으로 제작하였다. 제작사양은 모든 성능은 기존품과 동일한 조건으로 중량만 약 43%(7.97→4.57kg) 줄였다.

알루미늄 송풍 날개를 적용한 냉각송풍기 3대를 KTX23호 PC1 MB3에 취부(2007.2.19)하여 운행하였다. 약 7개월 운행 후, 현차에 취부된 상태로 육안검사 및 회전자검사(2007.10.1)를 하여 양호한 것으로 나타났으며, 밸런싱 시험 등 정밀 분석을 위하여 취거하였다(2007.10.16).

취거된 알루미늄 날개 3대의 밸런싱 값은 8.5~12.8gr으로 허용 값(Acceptable unbalance)인 0.2gr을 초과하였으나, 전체적으로 날개의 문제점은 발견되지 않아 밸런스를 허용 값 이내로 조정하여 차량에 다시 취부하였다.

#### 4.4 냉각 송풍기 날개 수명 분석

냉각 송풍기 회전자 축 개선품 적용으로 축 절손은 현저히 감소하였으나, 송풍 날개는 신품으로 교환하지 않고 재사용됨으로써 2007년 9월부터 날개가 찢어지는 현상이 발생하고 있어 냉각 송풍기 날개의 수명을 분석하였다<sup>6)</sup>.

모터블록 냉각송풍기를 대상으로 2004년 4월 1일부터 2008년 5월 25일까지의 자료를 수집하여 분석한 결과는 다음 표 6과 같으며, 이때의 편성별 누적 평균주행거리는 약 1,788,000km/이 고, 월 평균 주행거리는 35,700km이다.

와이블 분포(Weibull Distribution)<sup>6)</sup> 적용결과 고장률과 주행거리 사이에 강한 연관성을 나타내고 있으며, 형상모수( $\beta$ )<sup>7)</sup>가

표 5. 냉각송풍기별 MKBF

기간 : '04.04.01~'07.09.30  
누적주행거리(km) : 70,223,587

장 치 구 분	교 환 건 수	편성 당 장착수량	MKBF <sup>4)</sup> (km)
모터블록 냉각송풍기	38	20	36,959,782
견인전동기 냉각송풍기	18	6	15,605,241
주변압기 냉각송풍기	8	4	52,667,690

4) MKBF : Mean Kilometer Between Failure (MKBF = 누적주행거리 \* 장착수량 / 고장발생건수)

5) (주)태일송풍기는 중대형 blower만 전문으로 제작 시험하는 회사로 일반 산업용에 제작 납품하고 있으며, 제품 중에서도 알루미늄 재질의 blower 제작이 대부분임

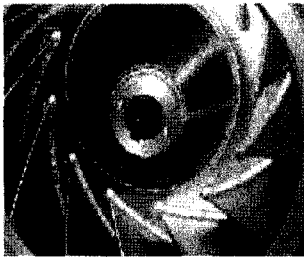


그림. 2 용접부위

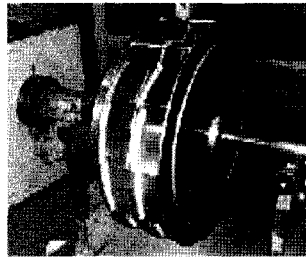


그림. 3 밸런싱 시험

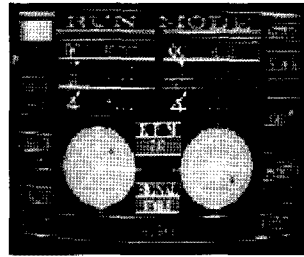


그림. 4 밸런싱 시험 화면

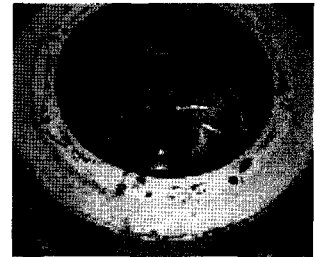


그림. 5 하우징에 취부

약 9.77이므로 고장이 급격히 증가하는 형태를 보인다. 이는 제품 수명 특성 중 노화 또는 피로로 인하여 마모 고장기에 접어들었다는 것을 알 수 있다.

냉각송풍기 고장은 열차의 운행속도를 160km/h 이하로 제한하는 문제점이 있어, 전체의 6%(50개) 고장이 예상되는 주행거리 2,112,031km 도달 전에 주기적으로 교체하여야 할 것으로 판단된다. 이것을 기간으로 환산하면 약 59개월(5년)이며, 도달 시기는 2009년 3월로 예측된다. 따라서 냉각송풍기 날개가 찢어지는 고장을 예방하기 위해서는 2009년 3월전까지 모든 편성에서 냉각송풍기 교체가 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 5. 고장예방대책

고속차량 운행 중 냉각송풍기 불량에 의한 차량고장을 예방하기 위해서, 개선된 회전자 축과 경량화 한 알루미늄 송풍 날개를 적용한 냉각송풍기로 교환하여야 할 것이다.

그러나 46개 편성의 모든 냉각송풍기를 일시에 교환할 수는

물리적으로 가능하지 않기 때문에 교환 우선순위를 정하여 한다. 이를 위하여, 냉각송풍기 회전자 축 초음파 탐상과 냉각송풍기 진동시험을 주기적으로 시행하고 있다.

### 5.1 초음파 탐상

냉각송풍기 회전자 축에 대한 초음파 탐상은, 2005년 11월부터 축 절손 고장이 지속적으로 발생됨에 따라 축 균열 진행 사항을 사전에 확인할 필요성이 있어, 2007년 2월에 시행하였다. 이때 고양기지 배속기 30개 편성 600개를 검사하여 불량으로 추정된 것이 139개로 나타났다. 2차로 2007년 10월 10일부터 11월 21일까지 측정하여 불량으로 추정되는 것이 204개로 나타났다.

2007년도 상하반기의 초음파 탐상 결과로부터, 회전자 축의 불량이 증가한다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 회전자 축 초음파 탐상 주기를 6개월에서 4개월로 단축하여 불량을 조기에 검지할 수 있도록 하였다.

회전자 축이 개량되지 않은 344개를 대상으로 2008년 5월 10일부터 6월 26일까지 3차로 측정하였으며, 불량으로 추정되는 것이 105개(소음 발생 10개 포함)로 확인되었다.

표 6. 수명 예측 그래프

누적고장(%)	누적고장(건)	주행거리(km)	예상도래시점	비고
1%	8 건	1,753,394	'08. 5월 현재	현재 고장 수준
4%	33 건	2,023,979	'08. 11월	
6%	50 건	2,112,031	'09. 3월	주기적 교환 시점
8%	66 건	2,177,535	'09. 5월	
10%	83 건	2,230,328	'09. 6월	
30%	248 건	2,526,936	'10. 2월	
50%	414 건	2,704,826	'10. 7월	MKBF로 추정

※ 냉각 송풍기 날개가 찢어지는 현상은 모터블록에서만 발생하고 있어, 보조블록에 설치된 냉각송풍기는 수명 분석 대상에 포함하지 않았으나, 동일 규격품을 사용하고 있어 운용시간(주행거리)이 증가함에 따라 동일 현상이 발생할 가능성이 있음

6) 와이بل 분포(Weibull Distribution) : 각종 베어링류, 모터, 콤프레셔, 펌프, 피스톤, 밸브류 등을 포함한 많은 기계류 부품에 적용되는 분포 모형

7) 형상모수(Shape Parameter) : 와이بل 분포에서 분포의 모양을 결정하는 값, 보통  $\beta$ 로 표시( $\beta$  : 고장률 감소,  $\beta=1$  : 고장률 일정,  $\beta > 1$  : 고장률 증가)

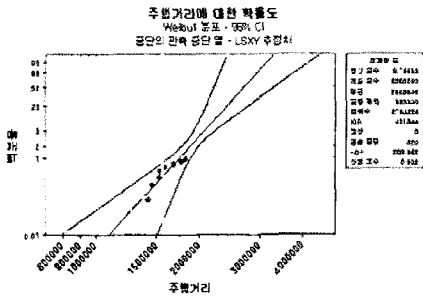


그림. 6. 수명 예측 그래프

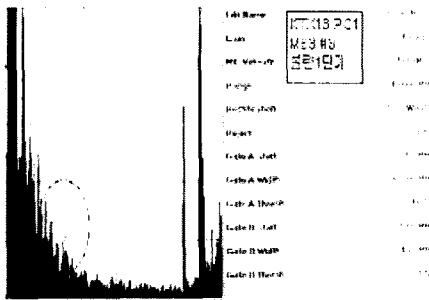


그림. 7. 초음파 탐상 결과 불량 상태

장을 예방하기 위하여 회전자 축에 대해서는 초음파 탐상을 이용하여 불량 진행 정도를 확인하고 있으나, 송풍 날개가 찢어지는 현상을 조기에 확인하는 어려움이 있다. 물론 날개의 이상 유무 확인방법으로 수작업에 의한 회전 및 반사경 검사를 시행하고 있지만 날개의 초기 균열 현상을 확인하는 것이 쉽지 않았다.

그래서 생각한 것이 냉각송풍기가 회전하는 동안 진동 가속도를 측정하기로 하고, 알루미늄 날개를 적용한 냉각송풍기가 취부되어 있는 편성(KTX28)을 대상으로 진동을 측정하였다. 시험 방법은 진동 측정 장비 설치 후, 정차 중 견인 시험으로 냉각송풍기가 전속으로 회전할 때까지 시행하여 진동 측정 데이터를 기록하였다. 측정 결과는 다음 표 7과 같으며, 현재 취부 후 약 4개월 운행한 것으로 측정값이 진동 기준 값 이내임을 확인할 수 있다.

초음파 탐상 결과에 따라 우선순위를 정하여 개선된 축을 사용한 냉각송풍기를 교환하고 있다.

## 5.2 진동 가속도 측정

고속차량 운행 중 냉각송풍기에 의한 차량고

냉각송풍기 진동가속도 측정 시, 측정값이 높이나는 편성(KTX27 PC1 MB3)을 차량으로부터 취거·분해하여 원인조사를 하였다.

2008년5월19일 취거된 3대의 냉각송풍기중 하나(전동기 S/N : 563)를 고양기지에서 분해하여 날개 및 축의 외관 상태를 시각 점검하였으나 특이사항은 발견되지 않았으며, 다이얼게이지를 이용하여 회전자 축의 진원도 확인 시 약 0.02mm의 변화가 발생하였다.

송풍전동기로부터 날개를 분리하여 전동기 단품에 대한 진동 측정을 2008년5월21일 냉각송풍기 외주 수선업체인 대철 ENG에서 시행하였다.

날개를 분리한 회전자의 밸런싱을 확인한 결과 양호한 것으로 나타났으며, 냉각송풍기 진동요인으로는 날개 불균형, 회전자 축 편심, 베어링 손상, 고정자의 불량으로 인한 회전자계의 중심 이동에 의한 진동, 공극의 불균형으로 발생한다고 볼 수 있다.

특히, 진동 측정 시 진동이 과다하게 발생한 것(전동기 S/N : 911)은 분해 결과 베어링이 불량한 것으로 나타났다. 또한 회전자 축 테이퍼 가공면을 확인한 결과 축에 편심이 있는 것으로 의심되어진다. 따라서 회전자 축 가공 시 편심이 발생하지 않도록 가공하여야 할 것이다.

## 6. 결론

지금까지 살펴본바와 같이 냉각송풍기의 고장은 송풍전동기 회전자 축 절손과 송풍 날개가 찢어지는 현상이 발생하였다.

회전자 축에 대한 정밀조사를 하였으나 설계나 조립에 문제가 있는 것으로 나타나지는 않았다. 그러나 우리나라의 운행특성에 따라 회전자 축의 재질과 키 홈의 형상을 변경하기로 하였다.

표 7. 냉각송풍기 진동가속도 측정 결과

모터블록 위치	PC1 MB1			PC1 MB2			PC1 MB3		
	1위	2위	3위	1위	2위	3위	1위	2위	3위
전동기 위치									
RMS 평균값(g)	0.33	0.37	0.39	0.37	0.54	0.37	0.35	0.52	0.45

※ 1. 진동 기준 값 : 수평 3g, 수직 1.3g (관련 문서 : K611-11144-E1336-RT+T-010)

2. 측정일자 : 2008년 4월 16일

3. 대상편성 및 위치 : KTX28 PC1 MB1,2,3

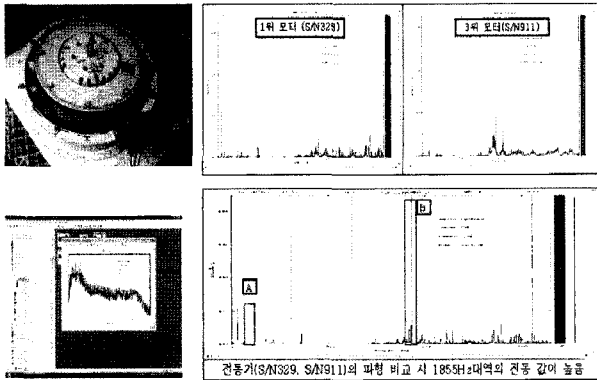
4. 알루미늄 날개 냉각송풍기 취부일자 : 2007년 12월 12일

표 8. 진동가속도 측정값 비교

	항 목	KTX27 PC1 MB3 평균 측정값	양호 편성(KTX28) 1개 측정값
1	베어링의 내륜 회전 주파수	56.645Hz	55.557Hz
2	팬 성분 회전 주파수	623.657Hz	611.127Hz
3	RMS(전체적인 진동가속도 값)	10g	0.41g
4	300Hz대역의 1X,2X,3X.... 성분	발생	없음
5	축 대역 성분의 1X,2X,3X.... 성분	발생	없음

표 9. 날개 분리 후 진동가속도 측정 결과

위 치	1위 전동기(S/N 329)	2위 전동기(S/N 563)	3위 전동기(S/N 911)
RMS 측정값(g)	0.09	2.54	0.24
분해결과	-	-	베어링 불량



※ A : 외륜 공진주파수가 확인되며(185Hz 대역), 1885Hz 대역의 peak 값은 등진주파수의 10X 성분으로 보이며

B : 외륜 공진주파수의 10X 성분(축 대역 성분 포함)

그림 8. 진동가속도 측정 그래프

그리고 송풍 날개가 찢어지는 현상 또한 정확한 원인을 찾지는 못하였으나, 날개가 무거워 가변 속도에 따른 토크 변화에 따라 냉각송풍기 회전자 축이 부담하고 있는 부하를 경감하기 위해 현행 송풍 날개의 재질보다 경량화 할 수 있는 알루미늄 날개를 적용하기로 하였다.

회전자 축 개선품과 경량화된 송풍날개를 적용한 냉각송풍기를 일시에 46개 모든 편성에서 교환할 수 없으므로 개선품이 미 적용된 냉각송풍기에 대한 축 초음파 탐상 및 진동가속도 측정 을 4개월 주기로 시행하여 교환 우선순위를 결정하고 있다.

수명 예측 분석 결과에 따라 냉각송풍기를 5년 주기(주행거리

약 2백11만 km)로 교환하여야 하고, 현재 차량에 취부되어 있는 것은 2009년 3월까지 교환을 완료하여야 할 것으로 판단된다. 그리고 개선된 회전자 축과 경량화된 날개로 이루어진 냉각송풍기에 대한 수명예측을 다시 할 필요성도 있다. 왜냐하면 기존의 냉각송풍기와 그 구성이 다르기 때문에 불량 현상이 어떻게 발생할 것인지에 대하여 추적관리를 하여야 할 것이다. ☺

♣ 참고 문헌

1. K611-1-E1331-RT+T-018, Software specification, Managing and monitoring the motor block ventilation
2. 고속차량 냉각송풍기 고장 예방대책 검토, 차량기술단 고속차량팀(2008.6)
3. Eukorail, MB Ventilation Motor S/N 726 Investigation Report(2007.6.25)
4. Cooling fan or Motor Block - Conclusion Meeting, MMRS /07/005(2007.6.18)
5. 냉각송풍기전동기장애유형분석, 수도권철도차량관리단 신뢰성관리팀(2007.10.22)
6. 냉각송풍기장애예방대책, 수도권철도차량관리단 신뢰성관리팀(2008.5.26)