

고속열차의 대차불안정감지센서 시험에 대한 연구

The Bogie Hunting Sensor's quality Inspection

차근수*
Cha, Geun-Su

전성준**
Jeon, Seong-Joon

손강호***
Shon, Kang-Ho

ABSTRACT

The bogie hunting sensor detects accelerations of a bogie. It transmits those accelerations using frequency modulated signal to the TCMS(Train Control and Management System) electronics for functional processing. TCMS decide undesirable bogie hunting and high speed instability with frequency modulated signal. The bogie hunting sensor is essential component for safety driving of high speed train. The bogie hunting sensor's quality inspection before sensor is installed on bogie is very important. Therefore it is required equipment for exact inspection of train bogie hunting sensor. This study is about development of Bogie Hunting sensor's inspection equipment that we can improve Bogie Hunting sensor's quality. Accordingly, I suppose that this thesis will be utilized to improve the bogie hunting sensor's quality thru exact inspection.

1. 서 론

대차불안정감지센서 장치는 고속열차의 열차진동에 대해 감지를 하는 장치로서 열차의 안전운행에 반드시 필요한 부품이다.

대차불안정감지센서 장치는 고속열차에 각 대차의 프레임에 부착되며 차량의 진행방향에 대하여 발생하는 횡진동의 가속도 값을 실시간으로 전기적 신호로 변환하여 차량컴퓨터제어장치로 전송하는 장치이다. 대차불안정감지센서 장치의 핵심은 정확한 진동검출 부분과 계측결과와의 전송부분으로 나눌 수 있다. 대차불안정감지센서 장치는 열차의 안전과 직결되는 중요한 부품으로서, 정확한 진동시험을 통하여 고속열차에 장착하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 고속열차의 대차에 부착되는 대차불안정감지센서 장치의 성능을 측정할 수 있는 시스템을 개발하여 정확한 품질 및 성능 검사를 통하여 대차불안정 감지센서 장치의 품질향상을 확보하고자 한다.

* 인터콘시스템스(주), 기술연구소 과장

** 인터콘시스템스(주), 기술연구소 차장

*** 인터콘시스템스(주), 대표이사

2. 대차불안정감지센서 장치의 개요

2.1 대차불안정감지센서 장치 구성

일반적으로 대차불안정감지센서 장치는 각 대차의 프레임에 부착되며 차량의 진행방향에 대하여 발생하는 횡진동의 에너지를 전기적으로 검출하여, 차량의 횡 진동으로 인한 대차의 불안정을 측정하는 장치이다.

대차불안정감지센서 장치의 동작은 횡 진동의 운동에너지를 가속도 값으로 측정하고, 가속도의 절대 크기에 비례하는 주파수를 생성하여 상위의 차량용 컴퓨터 제어장치의 아날로그 보드로 입력이 된다. 이 대차불안정감지센서 장치는 진동 가속도 값을 실시간으로 전기적 신호로 변환하는 센서부와 변환된 전기적 신호를 차량용 컴퓨터 제어장치까지 출력하는 신호전송부로 구성되어 있다. 구조적으로는 차량과 센서장치를 연결하는 커넥터(플러그)와 센서부와 신호전송부를 보호하기 위한 센서외함 등으로 구성되어 있다.

그림 1. 은 대차불안정감지센서 장치로부터 대차의 횡 진동을 검출하여 신호를 전송하고 이를 차량 컴퓨터 제어장치에서 수신하는 과정을 나타낸 신호 흐름도이다. 그림 1. 에서 진동에너지를 검출하기 위하여 가속도센서를 사용하며, 차량의 진동에 의하여 발생하는 진동에너지가 크게 발생하면 고속에서 차량 안전운행에 영향을 미치게 되므로 이 신호를 검출하여 대차의 진동을 판단할 수 있도록 한다.

이 신호를 일정한 형태의 전기 신호로 변환하여 차량 컴퓨터장치로 전송하는 장치를 대차불안정감지센서 장치라고 부른다.

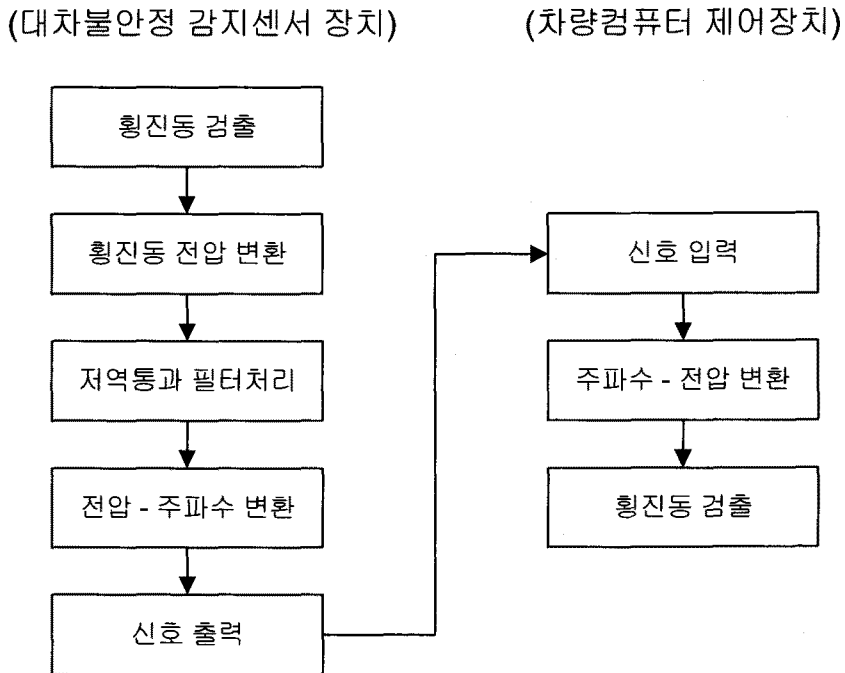


그림1. 대차불안정감지센서 장치 신호흐름도

2.2 대차불안정감지센서 장치의 동작

대차불안정감지센서 장치는 내부에 가속도센서와 신호전송부로 구성되어 있으며 본 장치의 블록도는 그림 2. 와 같다. 가속도센서는 횡 진동을 최대 1G 까지 측정할 수 있다. 신호전송부는 가속도센서의 신호를 출력하는 보드로서 입력필터, 주파수 생성기, 차동전송기 등으로 구성되어 있다.

대차불안정감지센서 장치의 출력은 차동주파수 형식이며 센서의 진동이 없을 때에는 기본적으로 50kHz(오차범위 : ±0.7kHz)의 주파수가 출력된다. 대차의 횡진동이 있을 때에는 가속도 ± 1G 에 대한 가속도 값에 비례하는 45 kHz ~ 55kHz 까지의 차동주파수 출력이 차량 컴퓨터 제어장치의 아날로그입력 보드로 입력된다.

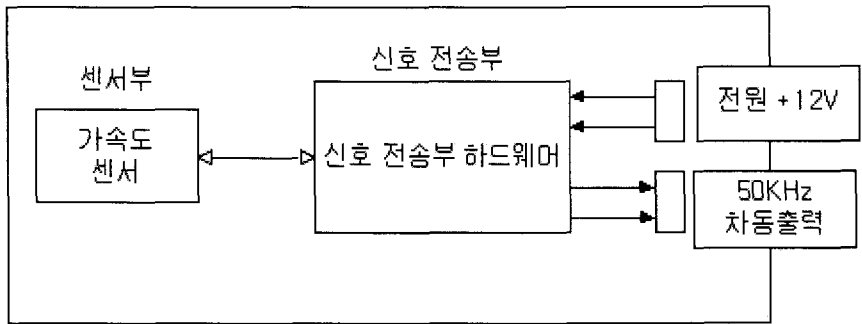


그림2. 대차불안정감지센서 장치 블록도

대차에서 발생하는 진동 가속도(Dynamic Acceleration)는 특정 주파수를 가지는 Dynamic 가속도의 형태이다. 이러한 형태의 가속도는 아래 수식으로 가속도 값이 표현된다.

$$A(m/s^2) = v\omega (m/s^2) \dots\dots\dots (식 1)$$

- 여기서 a : 진동 가속도
- v : 진행 방향의 속도
- ω : $2 \pi f$
- f : 주파수

열차가 철로와 충돌시 철로에 가해지는 힘 에너지는 아래 식 2로 나타낼 수 있다.

$$F(N) = m * A (kg*m/s^2) \dots\dots\dots (식 2)$$

- 여기서 F : 힘
- m : 무게, 질량
- A : 가속도

상기의 수식에 따르면, 열차에서 철로에 가해지는 힘은 속도에 비례해서 커짐을 알 수 있다.

3. 대차불안정감지센서 장치의 성능측정 시스템

3.1 시스템 구성

대차불안정감지센서 장치를 시험하기 위한 성능측정 시스템은 그림3. 과 같이 구성된다. 성능측정 시스템에서의 각각의 장치 설명은 다음과 같다.

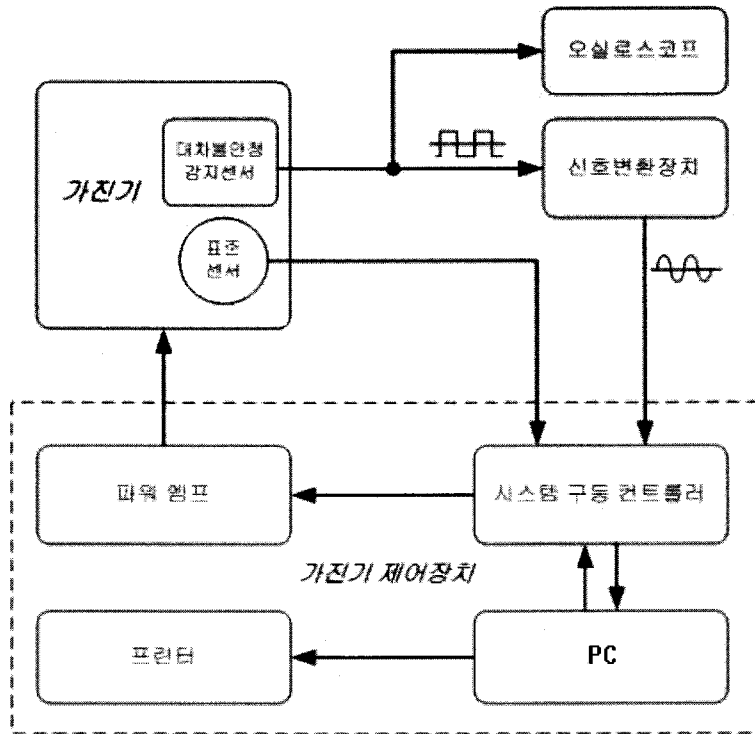


그림3. 대차불안정감지센서 장치의 성능측정 시스템

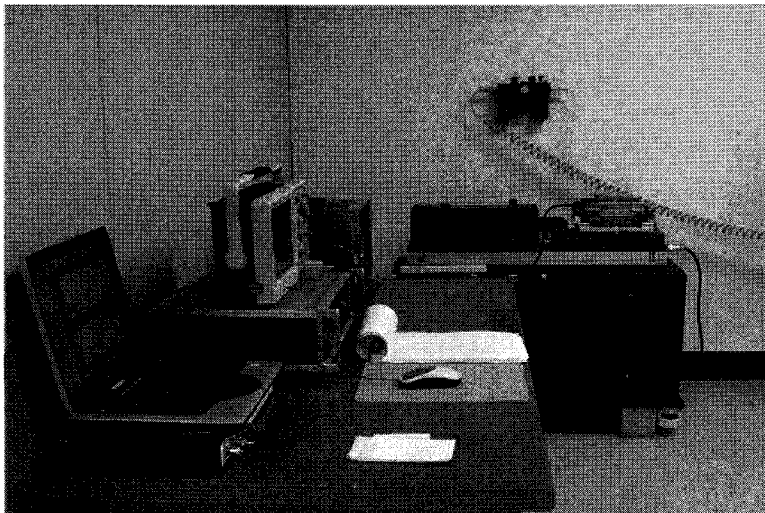


사진1. 대차불안정감지센서 성능측정 시스템 설치사진

1) 가진기(진동시험기)

시험하고자 하는 대차불안정감지센서 장치를 장착 후에 센서에 수평으로 진동을 가하는 장치이다. 이 가진기는 1.0G의 진동까지 시험할 수 있다.

① 표준센서 (Reference Accelerometer)

: 수평가진기의 실제 가진되는 가속도의 크기를 확인하기 위한 기준 가속도계 센서이다. 표준센서는 가진기의 가속도를 제어장치가 측정할 수 있도록 가진기에 부착된다.

② 대차불안정감지센서 장치

: 성능을 측정하기 위한 시험대상으로 진동판에 올려서 시험한다.

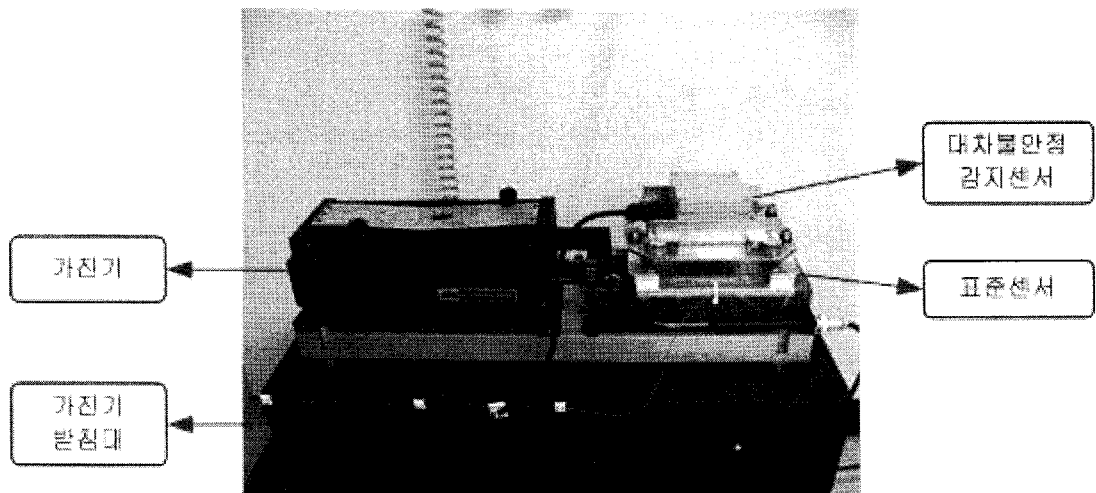


사진2. 가진기(진동시험기) 구성 사진

2) 가진기 제어장치

가진기 제어장치는 소프트웨어에서 설정한 가속도로 가진기가 진동할 수 있도록 제어하는 장치로서 가진기에서 수행되고 있는 가속도를 표준센서로 입력받고 설정값과 비교하여 차이가 발생하면 이를 보정할 수가 있다.

가진기의 제어 장치는 시스템구동 컨트롤러, 파워앰프와 설정값의 입력과 출력을 비교 표시하는 컴퓨터와 시험결과를 보고서로 출력할 수 있는 프린터로 구성된다.

① 시스템 구동 컨트롤러

: 소프트웨어에서 설정한 가속도로 가진기를 제어하는 장치로서 PC로부터 설정된 가속도 값과 표준센서에서 입력받은 가진기의 가속도 값이 차이가 발생할 경우 이를 보정하여 가진기를 제어한다.

② 파워 앰프

: 시스템 구동 컨트롤러에서 발생된 제어 신호를 가진기에서 사용할 수 있도록 증폭하는 장치이다.

③ 컴퓨터 및 프린터

: 가진기를 제어할 수 있는 제어장치의 소프트웨어를 설치하여 표준센서 및 대차불안정 감지센서의 출력을 모니터로 확인 및 시험하고 그 결과를 보고서로 출력하는데 필요한 장치이다.

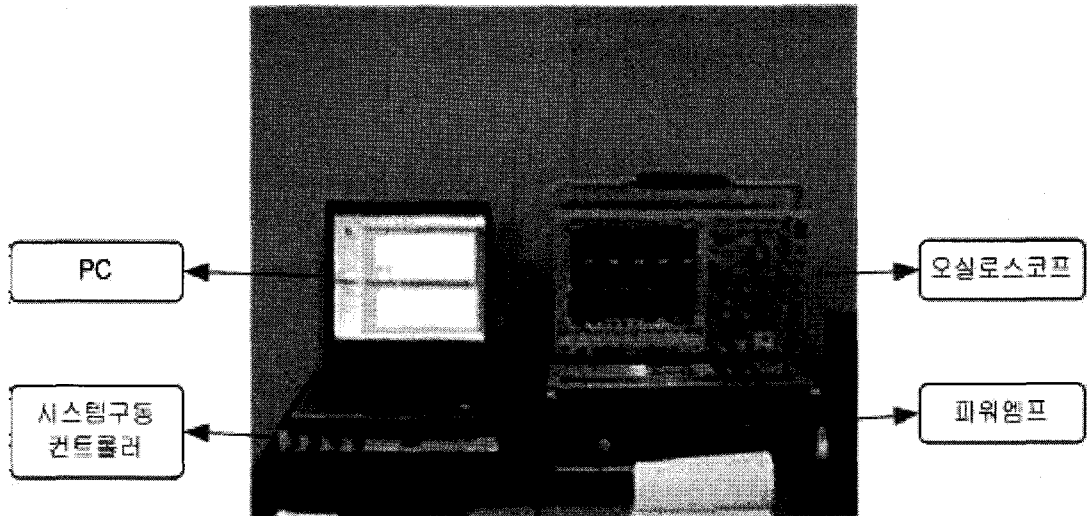


사진3. 가진기 제어장치 구성 사진

3) 신호변환장치

신호변환장치는 대차불안정 감지센서의 주파수 출력을 전압신호로 변환하는 장치로서 변환된 신호를 시스템구동 컨트롤러에 전달하여 제어 소프트웨어에 의해 표준센서의 가속도 값과 대차불안정 감지센서의 출력을 비교 및 분석한다.

4) 오실로스코프

설정된 가속도로 진동할 때의 대차불안정감지센서 장치의 주파수출력을 측정하여 확인한다.

5) 분석 소프트웨어

진동가속도 값을 조정하는 프로그램으로 PC상에서 구동되며 실제 시스템 구동 컨트롤러를 제어하는 소프트웨어이다.

3.2 시험 결과

가진기에 의한 시험은 고속열차(KTX-II)에 장착이 되고 있는 대차불안정감지센서 장치를 대상으로 하였다.

시스템 구동 컨트롤러에 2개의 신호 입력이 있는데 채널 1은 기준이 되는 표준센서의 가속도 값이고 채널 2는 실제 대차불안정 감지센서 출력의 변환된 신호값이다. 즉, 설정된 진동가속도 값과 대차불안정 감지센서의 출력 값을 비교하여 대차불안정감지센서 장치의 성능을 확인하였다.

가진기 시스템에 의한 대차불안정감지센서 장치의 출력값과 표준센서의 출력값을 비교한 시험결과와 오실로스코프에 의한 주파수출력 계측 결과를 다음과 같이 취득하였다.

1) 가진기 시스템의 결과

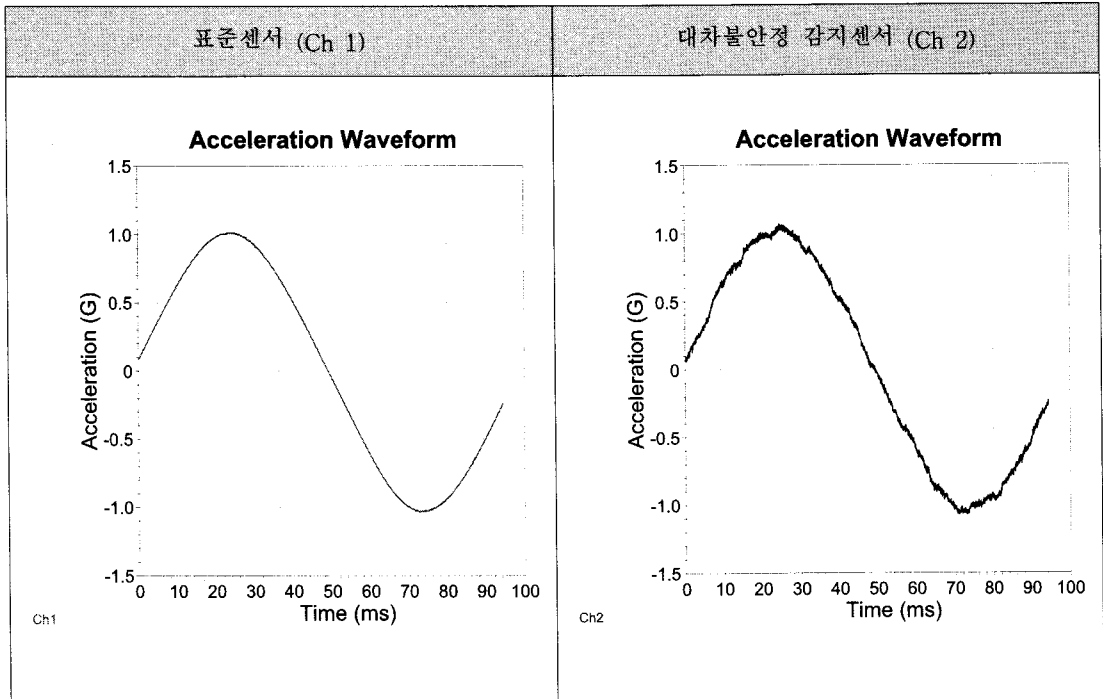


그림4. ±1G 의 진동시 비교 - Waveform

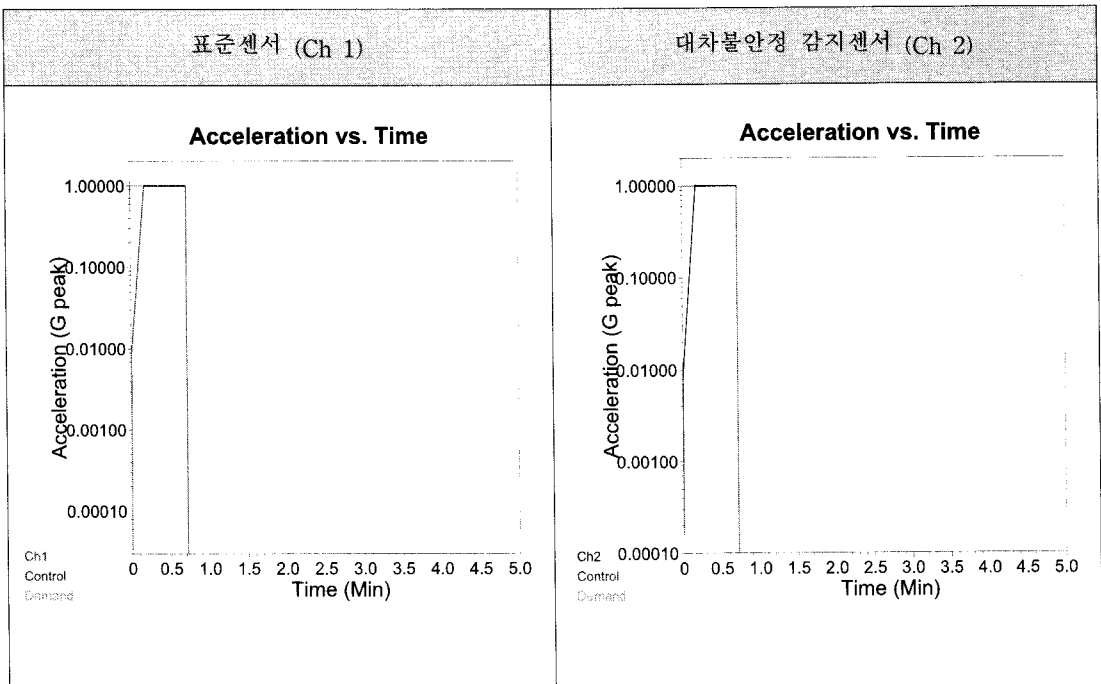


그림5. ±1G 의 진동시 비교 - Time

Breakpoint table			
Start Freq.	Amplitude	End Freq.	Amplitude
10 Hz	1 G	10 Hz	1 G

Current Measurements:

Demand: 1 G at 10 Hz	Ch1: 0.996725 G
Control: 1.001 G	Ch2: 1.00534 G
Control Vel.: 0.1562 m/s	Ch3: n/a
Control Disp.: 4.973 mm	Ch4: n/a

Drive voltage: 0.6839 Volts peak

System gain is 0.683226 Volts/G (Max system gain limit = 1 Volts peak)

Channel Measurements:

	Acceleration	Velocity	Displacement
Ch1	0.996725 G	0.155566 m/s	4.95183 mm
Ch2	1.00534 G	0.15691 m/s	4.99461 mm
n/a	n/a	n/a	n/a
n/a	n/a	n/a	n/a

그림6. 가진기 제어장치의 시험 Report

2) 대차불안정감지센서 장치의 주파수출력

대차불안정감지센서 장치는 가진기 제어장치에 의한 성능시험방법 외에 오실로스코프에 의한 주파수출력 계측 방법이 있는데, 계측한 파형을 통하여 대차불안정감지센서 장치의 동작에 대해 정상 및 불량을 판단할 수가 있다.

① 진동이 없을 때 주파수출력

- 합격기준 : 50kHz \pm 0.7kHz 의 주파수

② \pm 1G 의 진동이 있을 때 주파수출력

(a) -1G 진동일 때

- 합격기준 : 45kHz \pm 0.7kHz 의 주파수

(b) +1G 진동일 때

- 합격기준 : 55kHz \pm 0.7kHz 의 주파수

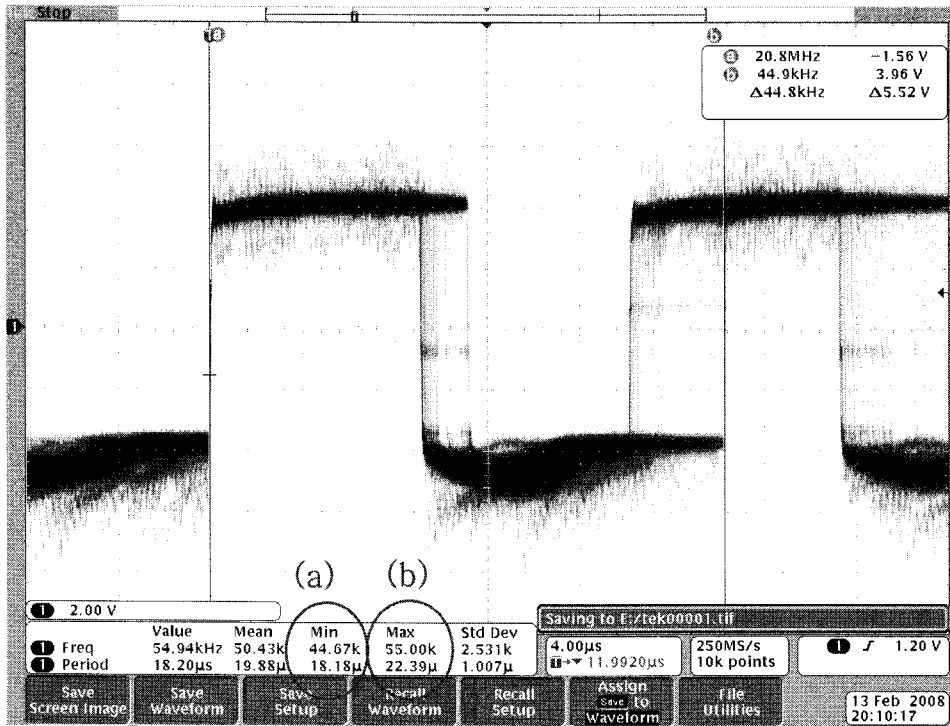


그림7. ±1G 진동시 주파수출력 측정 파형

4. 결 론

국내에서는 현재 프랑스 알스톰(ALSTOM)사에서 제작한 KTX 고속열차가 상용 운행 중에 있고 국산화기술로 제작한 KTX-II 고속열차가 시운전 시험중에 있다.

대차불안정감지센서 장치는 KTX, KTX-II 차량 모두에 장착이 되는 열차의 진동감지 장치로서 열차의 운행시 안전과 직결되는 매우 중요한 장치라 할 수 있다. 하지만 그에 반하여 상대적으로 시험을 할 수 있는 정확한 방법에 대해선 아직 전무한 상태라 할 수 있다. 따라서 대차불안정감지센서 장치에 대해 정확한 동작시험을 어떻게 할 것인지와 불량부품 판별을 위한 시험방법에 대하여 본 연구를 하게 되었다.

본 시험의 주된 목적은 정확한 진동의 발생과 정확한 진동 계측으로 나뉘어 질 수 있다. 실제의 열차진동에 대비한 정확한 진동발생을 위해 정밀한 가진기를 이용하여 시험을 하였고, 대차불안정감지센서 장치의 출력값과 표준센서의 출력값을 비교하여 계측하여 센서의 동작에 대해 신뢰성을 확보하였다. 따라서 이와 같은 검증된 시험방법을 통해 대차불안정감지센서 장치의 불량 판별에 상당히 용이할 것으로 판단된다.

향후 계속적으로 증가하고 있는 고속열차의 이용에 있어 대차불안정감지센서 장치의 역할은 매우 클 수 밖에 없는데 가진기를 이용한 대차불안정감지센서 장치의 성능측정 시스템을 통하여 사전시험을 거친 후 현차에 적용한다면 보다 안정된 성능의 대차불안정감지센서 장치를 확보할 수 있으며 또한 품질 향상에도 상당한 기여를 할 것이라 생각된다.

[감사의 글]

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07차세대고속철도A01)에 의해 수행되었습니다. 연구에 도움을 주신 관계자 여러분들의 지원에 감사드립니다.

[참고문헌]

1. 양보석 (2006), “기계설비의 진동 상태 감시 및 진단”, 인터비전 출판사
2. Thomson, Dahleh (2001), “MATLAB을 이용한 기계진동 이론과 응용”, 사이텍미디어 출판사