

철도차량 신호시스템 특성파악을 위한 측정시스템 연구

*이수길, 한성호, 장문주, 송용수, °한영재
한국철도기술연구원 기존철도기술개발사업단, °고속철도기술개발사업단

Study of Acquisition System for Signal System Property of Conventional Railway

Su-Gil Lee, Seong-Ho Han, Moon-Ju Jang, Yong Soo Song, Young-Jae Han
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 이 논문은 ATS(Automatic Train Stop)의 신호를 측정하기 위해 개발된 측정시스템을 소개하고, 측정 결과를 고찰하여 향후 연구 방향을 제시하고자 한다. 기존선 고속화 요구에 따른 신호보안설비의 개선이 요구되지만 기존의 설비를 전면적으로 교체하기에는 기간 및 많은 비용이 요구된다. 그러기 위해서 기존의 ATS에 대해서 성능을 점검하고 고속화를 위한 개선점을 찾아 신호설비 개량전에 단계적 고속화가 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 신호 고속화 시스템을 위해 기존 신호 시스템의 특징을 조사하였다. 이 논문에서는 NI사의 상용 A/D 보드와 LabVIEW를 사용하여 측정시스템을 만들어 측정하였다. 측정결과를 기존의 ATS의 신호가 고속에서는 응답시간이 문제가 있으며, 고속화를 위해서는 일부 개량이 필요하다. 그러나 승객의 안전에 관련된 사안이므로 더 다양한 방향에서의 고찰이 필요할 것으로 보인다.

ATS 지상설비는 1990년대 중반 이후 3,123km 전국 노선에 100% 설치된 국내의 대표적인 신호보안설비이다. ATS 지상설비는 전체 53개 노선에 대해 점제어식 2,925대, 7개 노선에 속도조사식 3,307대 등 485개 역에 대해 총 5,232대가 설치되어 운용되고 있다.

ATS 차량설비는 3현시 구간에서 사용중인 단변주(105kHz→130kHz, 78kHz→130kHz)식과, 수도권 전동차 운용구간에서 사용중인 4현시, 국철 경부선에서 사용중인 5현시 다변주(78kHz→5종류) 차상속도조사방식 등의 3종이 설치 운용되고 있다.

2.2 ATS의 동작 구조

그림 1은 3현시 ATS장치의 동작 구조를 나타낸 것이다. ATS수신기 내부의 발진카드는 차상자와 결합하여 105kHz의 발진회로를 구성하고 있으며, 지상자가 가까워지면 2차 회로가 결합된 상태가 되어 발진주파수가 변화하고, 내부 필터의 동작으로 주계전기(MR)가 낙하하여 기관차 내부 경보회로를 작동하며 승무원의 확인 절차가 없을 때 비상제동장치의 회로를 제어하게 된다.

4현시, 5현시의 경우에는 표 1에서 나타낸 것과 같이 여러 공진 주파수를 가지며, 각 상황에 따라 동작한다.

1. 서 론

국내의 철도설비 및 기술의 발전은 열차 운행의 고속화를 요구하게 되었다. 특히 철도 신호분야는 열차의 주행여부와 주행속도, 전방의 상황, 제동 등의 정보를 지상으로 부터 열차에 전달하여 주는 중요한 분야이며, 신호체계가 잘못되었을 경우에 일어났던 과거의 사례들로 귀중한 교훈과 경험을 얻은 바 있다.

이렇듯 신뢰성을 입증할 수 있는 신호분야의 기술이 매우 중요하지만, 안전성과 운영의 효율성을 감안한 현대화된 신호기술분야를 찾기가 매우 어려운 실정이다. 기존선의 신호체계를 무시하고 새로운 기술분야를 선택하는 것은 쉬운 일이 아니며, 기존의 신호설비체계를 전면적으로 바꾸는 것에 따른 경제적인 손실과 공사가 완료되기까지 두 가지 방식의 신호체계의 설비를 부 착한 열차가 운행되어야 하는 어려움이 따른다. 공사 진행 중에는 정상적인 열차 운행이 될 수 없으며, 신호체계의 혼선으로 기관사의 안전한 열차운행이 이루어 질 수가 없어 이 또한 어려움의 하나이다. 국내에서도 기존선 고속화를 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 이에 대응하고자 국내의 신호체계인 ATS를 기존선 고속화에 적합한 신호체계인지 검토하고, 속도향상 시 대응 가능한 방식을 조사하고 시험을 통하여 입증하기 위한 연구를 하고자 한다.

본 논문은 그에 따른 ATS의 신호를 측정하기 위해 개발된 측정시스템을 소개하고 측정 결과를 고찰하여 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

2. 기존선 신호보안설비의 개요

신호보안설비는 승무원에게 운전상황에 대한 정보를 제공하며 열차의 안전 운행을 도모하도록 하는 설비이다. ATS 장치는 기관사의 보조설비로서, 기관사의 운전 조작에 대한 실수를 보조하여 열차의 안전을 확보하도록 한다.

2.1 ATS의 현황

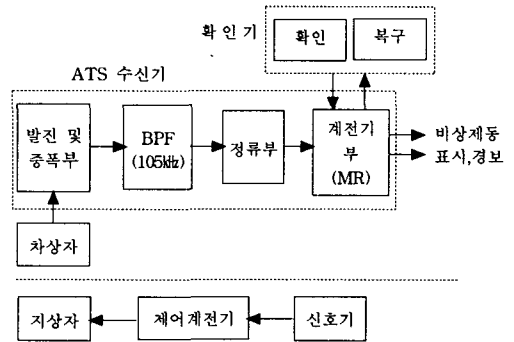


그림 1 3현시 ATS장치 동작 구조

표 1 신호현시와 공진주파수 및 반응 계전기

지상장치		차상장치
신호현시	공진주파수[kHz]	수신기 내 반응계전기
G	98	FPR
Y	106	45PR
YY	114	25PR
R ₁	122	OPR
R ₀	130	모든 PR 개방

2.3 신호

차상자와 지상자의 결합으로 얻어진 유효신호 처리는 신호분리 회로로 전해지는데, 수신신호의 유효를 결정 짓는 가장 중요한 역할을 담당하는 것으로 주계전기가 있다.

주계전기가 신호수신 후 반응되는 점점낙하시간이 매우 중요한 변수로 작용하고 있는데, 이것은 ATS-S형 장비가 수용할 수 있는 열차의 운행속도하고도 매우 밀접한 관련이 있다.

지상자와 차상자가 결합되어 응동되는 시간이 ATS장비 동작시간을 결정 짓고, 응동시간은 변주주파수의 레벨과 지상자의 Q값과 매우 밀접한 관계식을 갖고 있다.

이러한 현상은 오동작하고도 밀접한 연관이 있으며, 실질적인 예로 서용지하철 1호선 구로-개봉간에서 발생되었던 RO현상이 있었다. 이것은 인근에 있는 KBS2 AM방송국 신호인 639kHz의 송신 중계국에서 송신하는 방송신호가 ATS 차상자로 유입되면서 주계전기가 동작되어 발생되었던 현상 이었다.

이렇듯 주계전기는 ATS 동작에 가장 중요한 역할을 담당하는 계전기이며, 너무 민감하거나 둔감하여도 안 되는 이상동작 방지가 가미된 계전기를 사용하여야 한다.

주계전기가 최고속도에 미치는 관계식은 다음과 같다.

$$\text{열차의 속도}(V) = \frac{\text{응동최소거리}(L)}{\text{MR 계전기 최소동작시간}(S)}$$

3. 기존선 신호보안장치 특성 측정시스템

3.1 시스템 구성 하드웨어

공진 주파수가 98kHz에서 130kHz까지 변하고, 파형의 일그러짐도 관찰하여야 하므로, Sampling rate가 최소 1MHz이상 이 되어야 한다. 또한 상시 주파수가 변주되는 시점에서 주계전기의 동작 시점까지를 측정하므로 여러 채널을 동시에 측정할 수 있고, 측정 구간에 대해 여유 있는 측정시간을 가지는 측정기가 필요하였다.

처음 고려되었던 장비들로 사용자 편의성이 높은 Yokogawa의 에너라이징 레코더나 Agilent의 데이터 수집/스위칭 시스템 등이 있었으나 위의 조건들을 모두 충족하지 못하여 제외되었고, 최종적으로 National Instruments사의 상용 A/D보드인 PCI-6110 보드를 선택하여 PC기반의 측정 시스템을 구성하였다.

그림 2에서와 같이 PCI-6110 보드는 최고 ±42V까지 측정할 수 있는 독립적인 12-Bit 5 M Signals/sec Sampling rate의 differential Analog 입력 채널 4개와 부가적인 입출력 채널들을 가지고 있다.

그림 3, 4는 ATS 내부의 각 보드 출력단에서 신호를 받아 PC에서 측정하고 있는 모습을 보인 것이다.

3.2 시스템 소프트웨어 및 실험

측정 소프트웨어는 먼저 Visual C++를 사용하여 개발하였으나, 측정의 단순함과 사용자 편의성, 신뢰성 등을 고려하여 LabVIEW로 다시 작성하여 실험하였다.

그림 5는 개발된 LabVIEW 프로그램의 실행창을 보인 것이다. 저장된 파일을 불러와서 보거나 측정 후 바로 원하는 구간을 찾아 저장할 수 있으며, FFT를 사용하여 주파수 분석을 할 수도 있도록 구성하였다.

수행중인 차상에서 ATS 차상자가 지상자와 반응하는 시점에서 동시에 각 채널 당 1M Signals/sec의 샘플링 속도로 OSC(상시주파수), MR(주계전기), SA, RPM(속도)을 측정하였으며, 차상자와 지상자가 일치하는 시점을 정확히 확인할 수가 없어서 육안으로 위치를 가늠한 뒤 1초간 측정하여 필요한 구간을 취하였다.

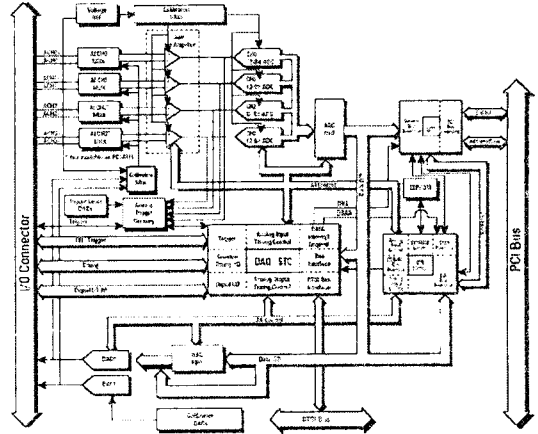


그림 2 PCI-6110 보드의 하드웨어 블록 선도

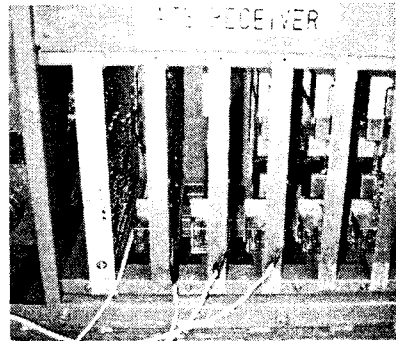


그림 3 ATS 내부 카드에 연결된 신호선



그림 4 PC 기반의 측정 시스템

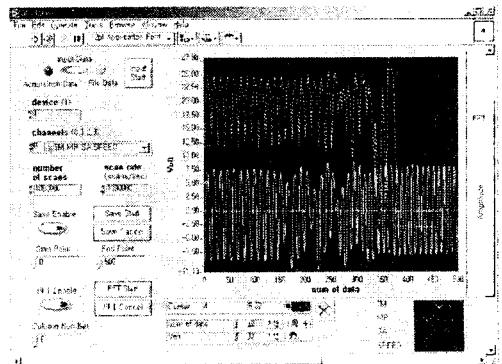


그림 5 LabVIEW를 사용한 측정 프로그램

4. 측정 결과

주계전기의 응답시간은 11msec로 "ATS 보수지침서"에 규정되어 있으며, 주계전기 응답시간 11msec로는 약 130km/h까지 최고 속도로 운영이 가능하다. 하지만 주계전기를 응답시간이 빠른 계전기로 교체하여 주계전기의 동작시간이 6msec까지 확보되면 최고속도 240km/h까지 확보할 수 있다.

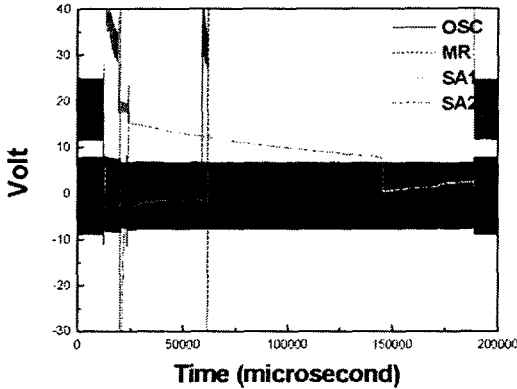


그림 6 98kHz 변주 구간 측정 Data

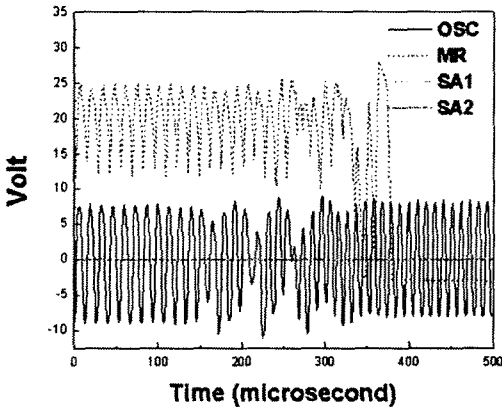


그림 7 98kHz 변주 시점 측정 Data

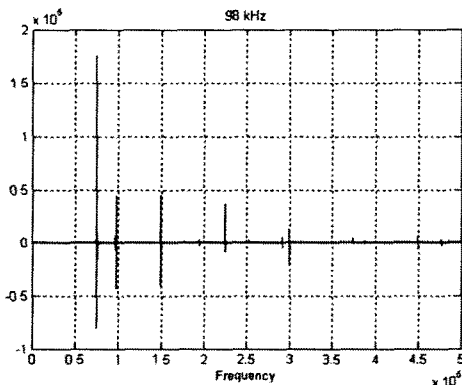


그림 8 MatLab을 사용한 주파수 분석

하지만 그림 6의 결과에서 11msec이내에서 주계전기 (MR)와 변주신호에 해당하는 릴레이(SA1)가 동작되는 것을 볼 수 있다. 그러므로 ATS 신호방식의 응답시간에 의하여 고속운행에 문제가 있으며, 보다 빠른 응답시간이 요구된다.

그림 8은 정확한 주파수 변주가 일어나는 지를 확인하기 위해 MatLab에서 FFT를 이용하여 주파수를 분석한 그래프이다. 상시 주파수 78kHz와 공진 주파수 98kHz가 오차범위 이내에 있고, 사용 구간인 78kHz ~ 130kHz 대역에서 다른 주파수가 없음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 ATS의 신호를 측정하기 위해 상용 A/D 보드인 PCI-6110 보드로 PC기반의 측정 시스템을 구성하였으며, LabVIEW를 사용하여 측정 프로그램을 개발하였다. 주행중인 차상에서 직접 ATS 신호를 측정하여 신호의 정확성과 고속화를 위해 개선해야 할 부분에 대해 고찰하였다.

6. 향후 연구 방향

측정 결과에서 볼 수 있듯이 주계전기가 동작하고 나서 변주신호에 해당하는 릴레이가 동작될 때까지의 지연시간이 고속주행에는 신호장치의 개량이 필요하며, 그 신호의 정확성도 오차 범위에 있음을 알 수 있다. 그러나 ATS 신호장비는 제작사마다 그 특성이 틀리고 적용된 기술도 다르므로 다양한 방향에서의 보다 종합적인 측정과 검증이 요구된다.

(참 고 문 헌)

- [1] ATS장치의 기능 향상에 관한 연구, 한국철도기술연구원 1998
- [2] 호남선 전철화 타당성 조사 및 기본 계획, 한국철도기술연구원, 2001
- [3] 기존선 고속 킬링 열차 차량 시스템 요구사항, 한국철도기술연구원, WBS No : 2100-D001 Rev.A
- [4] ATS장치의 신뢰성 평가, 한국철도기술연구원, 1998
- [5] The RF transmission systems handbook, Jer Whitaker, CRC Press, 2002