

기존선 속도향상과 선로용량 증대를 위한 정보형 ATS 차상장치 개량

A Study on Informative ATS (Automatic Train Stop) for Speed Improvement and Increment of Track Capacity on Existing Line

서정욱* 안수관* 김봉택**
Seo, Jung-Wook, An, Su-Kwan, Kim, Bong-Taek

ABSTRACT

기존선 속도 향상 및 병목현상 해소와 안전운행을 위해 국내 철도 현황의 주요 분야를 검토한 후, 국내 17년동안 사용으로 안전성이 검증된 신호기술을 바탕으로 국내 실정에 적합하며, 기존의 ATS 장치를 개선한 정보형 ATS(ATPS)를 개발하여 이를 제시하였다. 본 시스템은 운행 중인 열차의 제동특성을 고려하여 구간별 제한속도를 상향 조정하여 운행 효율을 증가 시킬 수 있다. 또, 안전성과 신뢰성 보장을 위해 Fail-Safe 및 이중계(redundancy)로 제작 하였고, 기존의 차상자와 발진기를 통합함으로써 Q factor를 개선하여 무응동 방지 및 기존 응동시간 비교방식을 통해 오동작을 개선하였다. 그리고, 정보기록 장치를 추가함으로써 이미 기록되어있는 차량정보데이터와 지상정보데이터를 연산하여 운전정보를 제공하고 기록한다. 또한, 이 운전정보는 정보 분석용 PC 및 프로그램에 의해 쉽게 분석, 관리가 가능하다.

무엇보다도 기존 ATS 구간과의 겸용사용으로 영업 운전시 안전한 연속 운행 보장 및 지상설비 개량 없이 안전을 확보할 수 있다. 다양한 종류의 동력차에 설치, 인터페이스 및 지상설비 개량이 용이하다. 향후 킬링 시스템과 연계하여 킬링 제어/감시 신호를 제공하는 기능을 갖는다.

1. 서 론

1999년 건설교통부에서 21세기 한국교통의 미래상 및 동북아 교통·물류중심국가 건설을 목적으로 ‘국가기간 교통망계획(2000~2019)’을 발표하였다[1]. 여기에서 철도부문은 대량 및 대중수송의 중심적 기능과 남북교통망연결 및 대륙연계망 구축의 핵심적인 역할을 담당하게 되는데[2], 주요 간선철도의 복선화 및 전철화, 한반도 종단철도(TKR : Trans-Korean Railway) 구축 및 시베리아 횡단철도(TSR : Trans-Siberian Railway), 중국 횡단철도(TCR : Trans-Chinese Railway) 등 대륙횡단철도 구축 등을 제시하였다[1].

그러나 국가기간망인 철도 주요 간선은 더 이상의 열차 추가 투입이 곤란한 포화 선로 용량에 도달하였고, 정부 고속철도 개통으로 인해 기존선 속도향상에 대한 해결책이 필요하게 되어 정부

* 샬롬엔지니어링(주) 연구소, 정회원

** 샬롬엔지니어링(주) 연구소장, 정회원

는 차상 신호장치의 개량을 모색하게 되었다[3,4,5].

차상 신호장치의 개량 목적은 포화 용량에 있는 구간의 선로 용량 증가 및 특정 구간 병목현상의 감소와 열차 운행시간의 단축에 있다. 이는 최첨단 컴퓨터 및 통신기술을 활용한 운전정보 및 운전보조 기능의 제공을 통해 안전운행을 확보하는 것이며, 최소한의 시설개량을 통해 열차의 안전 및 운행효율을 향상시키고 개량 및 유지보수 비용을 절감하여 철도기술발전 및 경영 개선을 도모하는 것이다.

본 논문에서는 금번 대구사고와 같은 철도의 안전사고를 예방하는데 기여하는 열차자동정지장치(ATS : Automatic Train Stop), 전동차 자동검사장치(ATTS : Automatic Train Test System), 긴급사고 발생시 사고열차근처에 접근하는 다른 열차를 자동정지 시켜 대형사고를 예방할 수 있는 무선열차방호장치(TRPS : Train Radio Protection System), 기관사의 열차운전연습과 사고 시 응급조치 교육을 시킬 수 있는 열차모의운전연습장치(TDS : Train Driving Simulator) 등을 국산화 개발, 철도청에 납품하는 등 철도안전화에 기여하고 있는 당사의 기술력과 풍부한 경험을 바탕으로 하여, 현재 한국철도신호의 현황을 고찰한 후, 철도전반의 안전과 능률향상 및 국내 실정에 적합한 정보형 ATS(Informative Automatic Train Stop) 및 ATPS(Automatic Train Protection & Stop)를 개발하여 이를 제시하고자 한다.

2. 국내철도현황

우리나라 철도신호는 1899년 9월 18일 노량진~제물포간에 최초로 철도가 부설되고 동시에 완목식 신호기가 설치된 이래 1942년 영등포~대전 사이에 자동폐색신호기가, 1955년에는 대구역 남부에 제종 전기연동장치가 설치되었다. 1968년 전자기술을 도입한 이후 경부선을 중심으로 1968년 95km/h, 1969년 110km/h, 1983년 120km/h, 1985년 140km/h로 점진적인 속도향상이 이루어져 왔으나 1985년 이후 지속적인 속도 향상을 이루지 못하고 있다. 따라서, 이미 포화상태에 달한 일부 간선에서의 속도향상으로 운행시간의 단축과 수송용량 증대의 필요성이 더욱 요구되고 있다.

2.1 ATS 장치 현황

자동열차정지장치(ATS : Automatic Train Stop)는 선로 제한속도보다 과속하는 열차를 경고 후 자동으로 정지시키는 장치로써 국철 전 노선에 사용하고 있으며, 경부선 본선구간(서울~부산)은 1987년부터 개량하여 ATS 5현시(속도조사식)를 사용하고 있고, 그 외 노선은 ATS 3현시(점제어식) 체계로 운영하고 있다[6].

ATS 5현시 경부선 본선구간은 열차가 구간별 제한속도를 초과 운행 시 자동 정지됨으로써 절대 안전이 확보되지만, ATS 3현시 지선구간(경부선을 제외한 전 노선)은 정지신호(R)에서만 경보 신호가 발생한다.

국가 기간망인 철도 주요 간선의 기존 신호장치의 성능향상이 대두되고 있으며, 기존 간선에 더 이상의 열차 추가 투입이 곤란한 선로량 한계에 도달하였고, 일부구간 병목 현상 등으로 인해 속도 향상의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다.

2.2. 문제제기

ATS 5현시 구간의 경우 동력차의 성능 향상으로 인해 YG 구간 통과시 제한속도(105km/h) 이상 진입 후 확인 취급을 하는 경우가 있으며, 3현시 구간은 정지신호(R)시 무조건 경보회로가 동

작하지만, 승무원의 확인취급만으로 자유롭게 운전이 가능하기 때문에 절대 안전이 확보되지 못하는 실정이다.

기존의 ATS는 단일계로 구성 되어, 속도검출기 및 수신기의 회로기판 불량 등으로 인한 장애로 ATS 컷트 운행이 발생되고 있으며, 운행 중 운전정보에 대한 기록이 없어 운전내용 파악 및 장애 원인이 불명확하다.

차상 장치 개량시 다음의 사항을 필수적으로 고려해야 한다.

- ① 개량 중, 개량 후에도 적용 전 노선(3현시, 5현시)을 개량 전 장비와 겸용으로 운행하면서 안전한 영업 운전을 보장해야 한다.
- ② 기존 기관차의 공간 제약 및 기존 신호장치와의 인터페이스 문제를 해결해야 한다.
- ③ 제동성능과 최고속도가 다른 열차의 혼합운전시 효율성 문제가 해결되어야 한다.
- ④ 다수의 승무원과 친화적이며, 운행에 혼선이 없어야 한다. 또, 승무원의 교육과 훈련이 용이해야 한다.
- ⑤ 장치의 유지보수가 용이해야 한다.

3. 배경이론

3.1. 제동거리

열차 운행 속도와 제동성능은 제동거리로 계산되어 질 수 있고, 이는 선로상의 신호에 영향을 받게 된다. 제동거리의 확보는 열차의 운용 조건과 선로별 신호체계에 의해 열차의 제한속도와 안전거리유지 및 운전중에 발생하는 돌발적 장애물 출현 등에 즉시 대응하여 비상상황에서 승객과 차량의 안전보장을 가능하게 한다[7].

3.2. 제동거리 계산

제동거리는 열차가 정지할 때까지의 거리를 말하며, 이는 공주거리와 실제제동거리로 분류된다[7].

$$S_0 = S_1 + S_2$$

$$= \frac{V}{3.6} t + \frac{4.17 V^2}{10km \cdot fm + Rm + Rg + Rc} (m) \quad (1)$$

여기서, S₀ = 전제동거리 (m), S₁ = 공주거리 (m), S₂ = 실제제동거리 (m) 이다.

① 공주거리

공주거리는 열차가 공주시간 내에 주행한 거리이며, 다음과 같이 표시된다.

$$S_1 = \frac{V}{3.6} t (m) \quad (2)$$

여기서, S₁ = 공주거리 (m), V = 제동초속도 (km/h), t = 공주시분 (Sec) 이다.

② 실제제동거리

실제제동거리는 열차가 정지하기 위하여 감속하는 동안 주행한 거리로서 정의되며, 그 식은 다음과 같다[7].

$$S_2 = \frac{V}{3.6} t + \frac{4.17 V^2}{10km \cdot fm + Rm + Rg + Rc} (m) \quad (3)$$

여기서, S_2 = 실제동거리 (m), km = 제동율 (%), fm = 평균마찰계수 (%), R_m = 평균주행저항 (kg/ton), R_g = 구배저항 (kg/ton), R_c = 곡선저항 (kg/ton) 이다.

4. 정보형 ATS(ATPS)

정보형 ATS(ATPS)는 안전성과 신뢰성 보장을 위해 Fail-Safe 및 이중계(redundancy)로 제작하였다. 정보형 ATS(ATPS)는 크게 차상설비인 주장치(수신기), 속도검출기, 차상발전자, 운전정보장치(표시기)와 정보기록장치 등으로 구성되어 있으며, 지상설비로는 기존의 지상자와 함께 데이터를 송신할 수 있는 K-Balise(백업용)가 있다.

4.1. 주장치(수신기)

주장치(수신기)는 표준 3U 랙(rack)을 사용하여 확장성이 용이하게 제작되었으며, 이중계 구조이다. 데이터 버스(data bus)를 정보전달 수단으로 설계되었으며, 데이터버스, 운전제어기, 판독부, 목표거리제어기, 속도해석기, 출력제어기, 전원변환기 등으로 구성되어 있다.

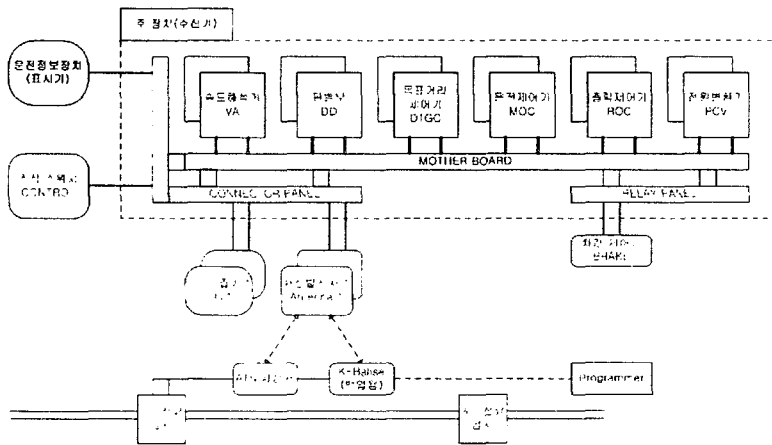


그림 1. 정보형 ATS(ATPS)의 구성 다이어그램

4.2. 속도검출기

정보의 신뢰성을 높이기 위해 속도검출기를 이중계로 구성하였고, 각 속도 검출기 내에는 두 개의 속도 검지기를 내장하였다. 속도 검지기의 신호 출력은 전류 ON/OFF 형으로서 상시전류를 감시할 수 있는 구조이다. 속도 발전기의 속도 검출기는 1회전당 16펄스를 발생한다.

4.3. 차상발전자

발전기용 증폭기와 두개의 코일 조합으로 구성된 차상발전자는 종단의 전류증폭기에 부하로 결합된 직렬공진회로의 주파수로 상시발전조건을 구성한다.

발전조건은 조합된 코일의 상호인덕턴스의 값으로 결정되며 결합도(상호인덕턴스)는 차상발전자의 결합도 조정자를 조정하여 변경시킬 수 있다. 또한 결합도의 조정은 발전출력을 적정치로 조정하여 발전기의 성능을 유지시키며 규격이내의 주파수 변경이 수반된다. 출력신호는 증폭되어 주장치(수신기)로 전송된다.

4.4. 운전정보장치(표시기) 및 운전보조장치

운전정보장치는 주장치에서 출력된 신호를 제어하고 표시하는 장치로서 운전자의 조작에 따라 열차의 운전에 유용한 설정정보(선로조건, 열차속도, 제한속도, 목표거리, 킬팅신호 등)를 제공하고, 표시한다. 운전보조장치는 운전정보장치의 지시에 운전자가 따르지 않을 경우 청각과 시각적으로 경보한다. 이후 적절한 조치가 취하여지지 않으면 상용제동 및 비상제동 기능을 제공한다.

4.5. 정보기록장치

정보기록장치는 메모리카드에 기록된 차량정보데이터와 지상정보데이터에 운행정보와 운전기록을 연산하여 운전정보를 제공하고 기록하며, 기록된 정보는 휴대용컴퓨터에 직접 연결하거나 메모리카드를 취거하여 별도의 분석 장치로 분석, 관리할 수 있다. 메모리카드는 비 휘발성 타입으로서 4Mbyte이상의 용량을 가지고, 필요에 따라 용량이 큰 메모리카드로 교체사용이 가능하다.

차상발전자 및 정보형 ATS(ATPS)의 구성을 그림 2와 그림 3에 나타내었다.

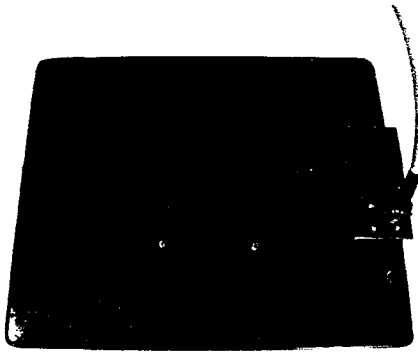


그림 2. 차상 발전자

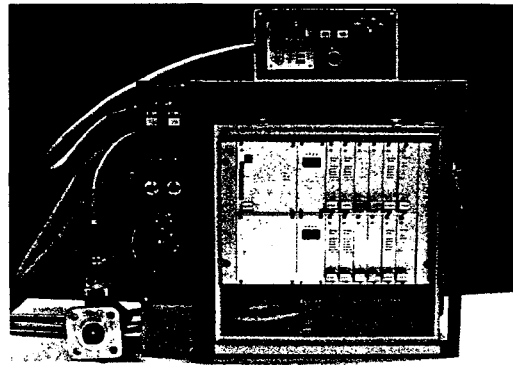


그림 3. 정보형 ATS(ATPS) 구성

5. 결과 및 고찰

기존의 ATS를 개량한 정보형 ATS(ATPS)는 국내에서 17년동안 사용하여 안전성이 검증된 ATS 기술을 바탕으로, 최고 속도 200km/h 상당의 기존선 고속화에 대비하였으며, 이중계, 차상발전자 채택으로 장애 요인을 줄이고 신뢰성은 향상시켰다. 그리고, 정밀한 속도 해석을 위해 가변 표본방식(variable sampling time method)을 채용하여 250km/h까지의 속도를 0.27초 혹은 0.44초 내에 오차 +1.5km/h, -0.5km/h 이내로 해석하였다.

또한, 차상안테나(차상자)와 발전기를 통합함에 따라 Q 값을 개선하여 무응동을 방지하였으며, 열차의 운전속도에 비례하여 지상자 통과시간을 비교하는 응동범위 제한방식을 적용하여 외부 전파파동에 의한 오동작을 방지하였다.

지상자의 위치 및 선로의 조건을 차상 메모리 방식(지상정보 데이터베이스)을 사용하여 목표거리 제어방식(Distance-to-Go) 및 차상운전정보(차상신호)를 도입하였다. 차상운전정보로는 열차 속도, 구간제한속도 및 목표거리를 제공한다. 이를 기초로 저속 화물열차 제동 특성을 고려하여 폐색구간 및 제한속도를 조정하고, 사용 중인 ATS를 보완/개량한 정보형 ATS를 이용하면 속도향상과 선로용량을 증대시킬 수 있다.

다음의 그림은 정보형 ATS, ATPS의 운전곡선 및 기존 ATS의 운전곡선을 정리한 것이다.

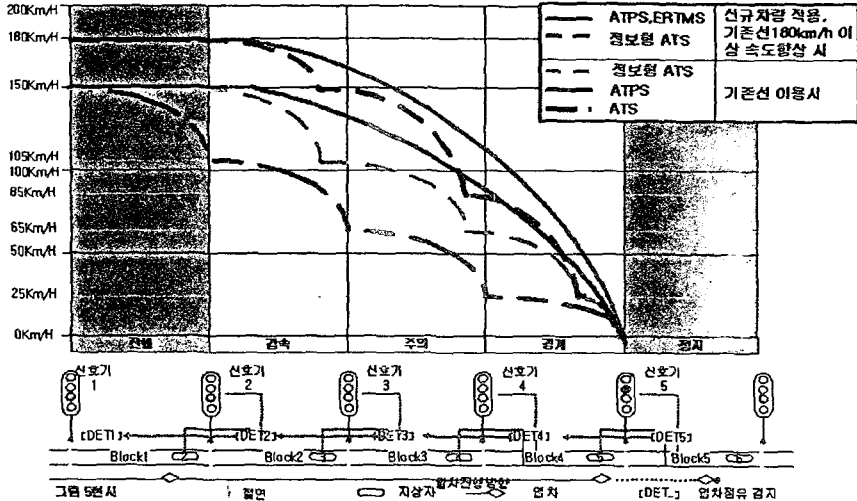


그림 4. 정보형 ATS, ATPS 및 기존 ATS의 운전곡선 비교

6. 결론

본 논문에서는 기존선 속도 향상 및 병목현상 해소와 안전운행을 위해 국내 철도 현황의 주요 분야를 검토한 후, 국내 17년동안 사용으로 안전성이 검증된 신호기술을 바탕으로 국내 실정에 적합하며, 기존의 ATS 장치를 개선한 정보형 ATS(ATPS)를 개발하여 이를 제시하였다.

정보형 ATS와 운행 중인 열차의 제동특성을 고려한 구간별 제한속도 상향 조절을 통해 기존선 속도향상 및 선로용량의 증대를 통해 운행 효율을 증가 시킬 수 있었다. Fail-Safe, 이중계 제작으로 안전성과 신뢰성을 확보하였고, 기존의 차상자와 발진기를 통합함으로써 Q factor를 개선하여 무응동 방지 및 기존 응동시간 비교방식을 통해 오동작을 방지하였다. 정보의 신뢰성을 높이기 위해 속도검출기를 이중계로 구성(1회전 16펄스)하였고, 클램프형 콘넥터를 채택하였다.

그리고, 정보기록장치를 추가함으로써 운행정보와 운전기록을 메모리 카드에 기록하고 이미 기록되어있는 차량정보데이터와 지상정보데이터를 연산하여 운전정보를 제공하고 기록하도록 하였다.

무엇보다도 기존 ATS 구간과의 겸용사용으로 지상설비의 개량이 불필요하며, 영업 운전시 안전한 연속 운행이 보장된다. 향후 곡선 추종성이 높고 고속주행 안정성이 유지되는 열차 틸팅 기술의 도입 및 개발을 대비하여 틸팅 시스템과 연계도 가능하다.

참고문헌

1. “국가기간교통망계획(2000-2019)”, 건설교통부, 1999.
2. “러시아의 철도현황(TKR과 TSR의 연결에 대한 검토를 중심으로)”, 철도청, 2001.
3. “ATP 시스템 도입을 위한 기술조사”, 철도청, 한국철도기술연구원, 1999.
4. “호남선 전철화 타당성조사 및 기본계획”, 철도청, 한국철도기술연구원, 2001.
5. “2002년도 예비타당성조사 보고서 차상신호(ATP) 시스템 도입사업”, 한국개발연구원, 2002.
6. 김봉택, “91년 개봉역 추돌사고 예방을 위한 인공지능 ATC/ATS 겸용장치 개발에 관한 연구”, 숭실대학교 중소기업대학원, 1992.
7. “ATS 장치의 기능 향상에 관한 연구”, 철도청, 한국철도기술연구원, 1998.