

신호시스템 절체방안 검증연구

정락교*, 김백현*, 이준호*, 김영석**
 한국철도기술연구원*, 인하대학교**

Verification Review for Replace of Signalling System

Rag-Gyo Jeong*, Beak-Hyeon Kim*, Jun-Ho Lee*, Young-Seok Kim**
 Korean Railroad Research Institute*, Inha University **

Abstract - 철도신호시스템은 열차들의 운행간격과 열차진로를 제어하는 기능을 담당함으로써 열차를 안전하고 효율적으로 운영하는 데 있어 핵심적인 역할을 수행한다. 철도신호시스템의 고장은 열차운행중지를 비롯하여 열차충돌이나 탈선등과 같은 치명적인 사고로 직결될 수 있기 때문에 시스템의 신뢰성과 안전성이 매우 중요하다. 현재까지 철도신호시스템에서는 기존의 지상신호방식이 많이 사용되어 왔으나 지상에 설치된 신호기 현시상태를 기관사가 확인하여 열차속도를 제어함으로써 기관사의 인적 오류 등의 사고 위험이 있다. 아울러 시스템의 수명이 다되어 시스템결체의 필요성이 있다. 이에 따라 최근에는 컴퓨터 및 통신기술을 이용하여 열차속도제어 정보를 차상으로 송신하고, 차량에서 열차속도를 제어하는 차상신호방식이 도입·적용 되어 효과를 보고 있다. 따라서 수명이 다된 신호시스템을 교체하기 위하여 승객을 위한 운행서비스를 하면서 새로운 방식으로 절체 하는 것이 필요하다. 이에 본 논문에서는 시스템 절체과정의 절차와 시스템검증을 위한 일련의 과정중 간섭의 문제점을 시험평가를 통해 확인하였다.

1. 서 론

가급적 세계적으로 철도 건설·운영이후 신호시스템의 기술발전은 현장을 중심으로 지속적으로 이루어져왔다. 이와 중첩하여 새로운 철도 시스템 개발과 더불어 전기·전자·컴퓨터의 발전과 연계되어 새로운 신호시스템의 개발 및 적용이 되고 있다. 우리나라의 도시철도의 경우에도 1974년 서울지하철 1호선 도입·건설이후 신호시스템은 비약적인 발전을 이룩하여 왔다. 현재 도시철도는 다른 도시교통 수단과의 경쟁 속에서 승객들을 유치하기 위해 이용 방법의 용이함은 물론, 짧은 열차 대기시간과 신속하고 편안한 여행을 제공해야 하며, 동시에 안전성과 신뢰성을 확보해야 한다. 이러한 목적들을 달성하기 위해 신호시스템은 고속주행 시, 교통량 증가 시에도 안전한 열차 운행을 위한 자동운전 모드에서의 부드럽고 신속한 열차 운행을 지원해야 하고 안전하게 열차 출입문을 제어하여야 하며, 승강장 및 열차 내의 승객들을 위한 정보를 제공해야 한다. 또한, 신호시스템은 고도의 자동제어가 요구되는 본선과 차장기지에서 열차운행을 감시하고, 통제하기 위한 수단을 시스템 운영자에게 제공하여야 하며, 유지보수 활동을 지원함으로써 운영경비를 줄일 수 있어야 한다.

이제 운영 경험 30여년 후에서 볼 때, 시스템 개량 방법 및 절차 등에 대하여 준비하고 계획되어져야 한다. 신호시스템 개량 방법 및 절차에 관한 계획 수립 시 여러 요소들을 충분히 검토하여야 한다. 이상적인 접근 방법들을 포함한 비용과 효율성·안전성에 토대로 지속적인 Trade-off를 통한 방안을 마련할 필요가 있다. 해외 신호시스템 절체 현황들에 대한 분석이 좋은 선례가 될 것이다. 선례에 대한 현황 분석을 토대로 우리의 운영환경을 접목시켜 방안을 마련하여야 할 것으로 보인다. 특히 신호시스템은 전자 장비로서 전 수명주기 측면에서 고려하여 선택되어져야 한다. 기존의 계전기등 기계적인 부분이 줄어들고 전자 회로기관으로부터 통신, S/W등의 결합으로 기능을 구현한다. 운영환경 및 유지보수 체계, 운영할 사람 등을 고려한 검토와 시스템 절체 계획이 수립될 필요가 있다. 신호시스템을 교체하기 위하여 승객을 위한 운행서비스를 하면서 새로운 방식으로 절체 하는 것이 필요하다. 이러한 도시철도(서울메트로 2호선)의 신호 시스템을 절체하기 위하여 현재의 신호시스템은 현재 폐색구간별 지상에 설치된 신호기의 현시 정보와 신호기에 연동되는 ATS 장치에 의한 열차운전 방식을 사용하고 있으나, 고밀도 운전이나 1인 승무기반 마련 등을 위해 새로운 신호시스템을 설치하여 시험 중에 있다. 이에 본 논문에서는 시스템 절체과정의 절차와 시스템검증을 위한 일련의 과정중 간섭의 문제점을 시험평가측면에서 확인하고 검증할 항목을 검토하여 최종적으로 ATS와 자동운행이 가능한

ATP/ATO시스템이 일정기간 공동으로 중첩사용 하다가 궁극적으로 ATP/ATO 교체하여 열차의 안전운행 확보 및 승객 서비스 향상에 기여할 수 있도록 확인할 항목과 시험항목 및 결과에 대하여 기술하였다.

2. 시스템 현황

2.1 중첩사용시스템 비교

기존의 선로변 신호기와 ATS 안전장치에 의한 열차운전제어 방식을 ATP/ATO 장치에 의한 자동운전제어방식의 열차제어시스템으로 개량한 것이다. 그림 1은 기존 ATS지상신호방식의 개념을 설명한 것이다.

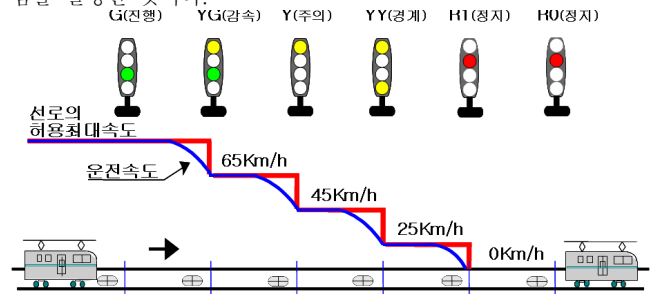


그림 1 지상신호방식 개념

그림 2는 기존의 ATS 장치와 새로 도입한 ATP/ATO 장치의 개요를 나타낸 것으로 ATS 장치의 경우 선로변의 신호기 현시 정보를 운전자가 육안으로 확인하여 운전하는 방식이며, 신규로 도입한 ATP/ATO 장치는 지상 AF 레도회로에 의한 차상정보의 통신을 통해 목표속도와 이동거리 정보를 제공해 주고, 이 수신 정보를 바탕으로 차상제어장치가 자동으로 선행 열차와의 안전 거리를 유지하면서 운전하는 방식을 나타내고 있다.

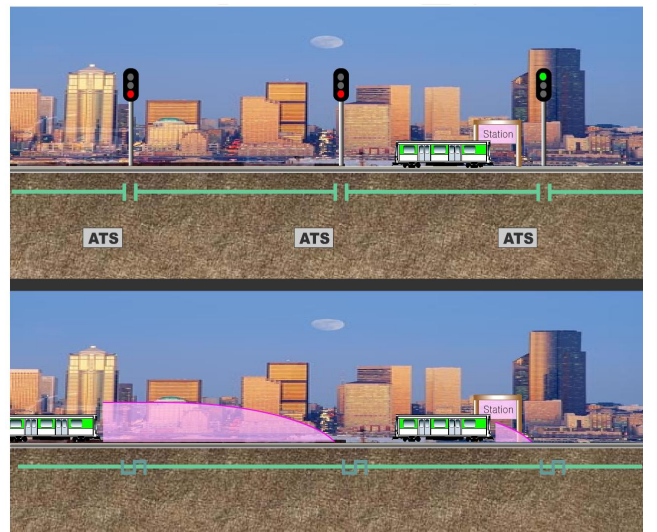


그림 2 ATS와 ATP/ATO 장치의 열차운전제어 방식 개요

열차이동의 제어기능과 열차 간 안전한 이격 기능을 제공하며 열차운전 명령을 자동으로 실행하는 ATP/ATO 장치는 선형열차의 위치, 운행진로 등의 선로의 제한조건에 따른 정보 코드가 텔레그램(Telegram)으로 지상과 차상 간 궤도회로, TWC 루프 등의 전송매체를 통해 차상제어장치로 전송되고, 차상에서는 지상으로부터 전송된 운행정보를 바탕으로 차량의 제동특성을 고려하여 안전거리를 유지하면서 속도제어를 위한 제동곡선을 생성하고 이에 따라 자동 또는 수동으로 운전하는 시스템이다. 그림 3은 궤도회로를 통해 폐색 구간별 차상으로 전송되는 텔레그램의 정보 내용들과 선형열차와의 안전거리를 위한 정지점 계산, 이 정지점에 열차가 정지하기 위한 차상 제어장치에서 생성하는 목표속도인 운전속도, 그리고 이 운전속도를 추종하면서 자동으로 운전하는 실제 운전속도인 지시속도 등을 나타낸 ATP/ATO 장치에 의한 자동운전제어곡선을 나타낸 것이다.

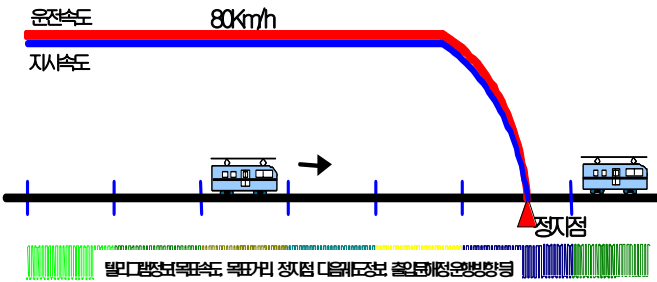


그림 3 ATP/ATO에 의한 자동운전제어곡선

시스템 완전 절체전(ATS에서 ATP/ATO) 일정기간 혼용하여 시스템 중첩사용시의 개념은 그림 4에 나타내었다.

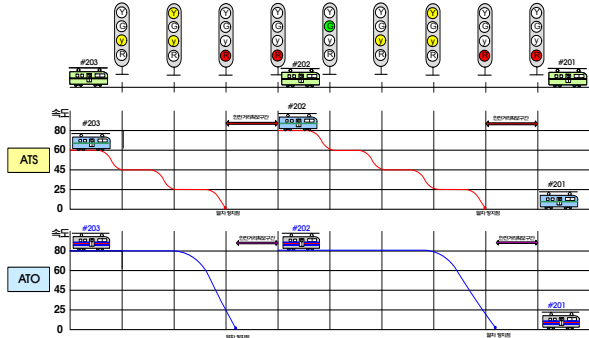


그림 4 ATS와 ATP/ATO 장치의 운전방식 비교

2.2 중첩사용시스템의 인터페이스

기존 열차제어시스템인 ATS와 신규로 설치하여 중첩사용에 정인 ATP/ATO 장치를 비교한 것이 표 1과 같다.

표 1 ATS와 ATP/ATO장치비교

구분	현행 ATS	개량 ATP/ATO
제어방식	· 지상신호 중심 다변주식 속도조사식 -절대 안전거리 확보 -열차간 긴 운행간격	· 차상신호 중심 Distance to go (거리중심 제어) -상호 안전거리 확보 -고밀도 운전 기능
차/지상정보	· 점 제어식 ATS	· 연속신호 다양한 정보의 전송 -Telegram 정보 - 목표속도 -목표거리 - 정차지점 -다음궤도 정보 - 출입문해정 -운행방향
제동방식	· 다단계 수동감속 -Free, 40, 25, 0 km/h	· One-Step 자동감속 -일단 제동 (80-0km/h로 한 번에 제동)
비고	· 승무원 수동운전 · 2인 승무	· 고밀도 운전 -선로용량증대 및 운행효율향상 -탄력적 열차운행으로 수송력향상 · 1인(유인) 자동운전(ATO)

신규 시스템이 운용될 경우 1인 승무(운전) 기반마련, 탄력적 열차운행으로 수송능력 향상, 고밀도 운전으로 선로용량 증대 및 열차운행 효율 향상, ATO 자동운전에 의한 열차주행 시 가속, 타행, 제동을 최적화하여 에너지효율 극대화를 통한 에너지 절감, 역간 자동주행, 종착역 자동 회차, 정위치 자동정차 실현을 통한 열차운전 용이 등의 장점이 예상된다.

기존 차량은 차상신호가 아닌 지상신호에 따른 ATS에 의한 열차운행만 가능하므로 기존의 폐색 시스템을 사용한다. 따라서 기존차량을 위한 진로 설정이 이루어지며, 전 역사에 출발신호기 및 ATS장치를 제어한다. 기존설비의 중첩운행 인터페이스를 장치별로 정리하면 다음과 같다.

- 신호방식 : 기존방식과 동일하다.
- 선로전환기 : 전자연동장치에서 제어하며, 선로전환기 위치정보를 공유한다.
- 궤도회로 : 궤도회로에서 정보를 수신하여 위상 변환기를 제어하여 기존 TR 계전기 입력 정보로 활용한다.
- 관제 설비 : 기존방식과 동일하며 선로전환기를 새로운 설비가 제어하므로 선로전환기 제어를 위한 정보교환을 위해서 새로운 설비에 진로제어를 위한 인터페이스가 이루어진다.
- 진로제어 : 제어명령은 기존과 동일하며, 계전연동장치를 위한 선로전환기 위치정보 및 궤도회로 정보를 신설 설비와 공유하여 연동조건을 점검한다.

2.3.시험항목 도출 및 결과

중첩설치의 검토의견을 토대로 시험 항목을 선정하였다. ATS장치의 고장유형을 토대로 하여 간섭에 의한 오동작사례와 ATS 설계개념으로 적용된 기본발진주파수보다 낮은 대역으로 유입되는 노이즈는 ATS 차상장치 기능에 영향을 있는지 여부를 조사하였으며, 130kHz 이상의 신호유입(노이즈신호 포함) 시에는 즉시 비상제동이 체결되도록 설계되었다. 고조파의 경우 홀수 고조파가 짝수 고조파 보다 출력이 크기 때문에 영향을 미칠 확률이 높으며, ATS 차상장치가 98kHz, 106kHz, 114kHz, 122kHz, 130kHz의 ATS 주파수의 ±3kHz 범위에 대해서 동작한다는 점에 착안하여 궤도회로 고조파의 영향을 확인하여 보았다. 해당하는 5가지 ATS 주파수에 대하여 ±3kHz 범위에 들어가는 주파수 범위는 표2와 같다.

표 2 ATS 주파수 응동범위

구분	현시 신호				
	G	Y	YY	R1	R0
기본 ATS 주파수(kHz)	98	106	114	122	130
-3kHz	95.06	102.82	110.58	118.34	126.1
+3kHz	100.94	109.18	117.42	125.66	133.9

ATS 주파수 응동범위를 분석한 결과 7, 9, 11, 13차수의 고조파가 ATS 동작에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 그러나 고조파 차수가 높기 때문에 ATS에 영향을 미칠지 여부는 ATS 시험을 통해 검증할 필요가 있었다. 이외 FTGS 궤도회로 주파수가 ATS 신호제어 범위보다 낮은 값을 가지기 때문에 ATS의 특성상 ATS 제어 신호 이외에는 비상제동을 체결함을 감안하여 비상제동이 체결될 수 있음을 검증하기 위해 ATS 시험을 통한 검증의 필요성이 있어 간섭에 대한 시험을 결과 특정한 구간에서 오동작이 발생함을 확인하였고 이를 토대로 대책을 강구하여야 한다. 새로운 시스템의 텔레그램 전송 체크 및 확인을 하여야 한다. 아울러 기존 없이 절체를 수행함으로써 절차를 설정하여 시행착오를 최소화하여야 한다.

3. 결 론

기능 확인 및 각기 독자적인 시스템을 운영시에 문제가 없어야하며 그 바탕위에서 인터페이스 되는 항목을 도출하여 확인하고 체크하여야 한다. 오동작 조건과 환경을 토대로 주파수 간섭이 없도록 다른 방안이 강구되어야 한다. 구체적 조건과 시험 결과등은 다른 방식으로 지속적으로 시험되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 정각교의, "서울메트로 2호선 ATP/ATO차량도입에 따른 기존 신호설비와의 적합성 검토" 2008년 11월