

열차 운행의 중단없는 신호시스템 절체 및 병행운전 구현
(서울 2호선 신호설비 개량)

**Signalling system switch-over and Interoperability implementation without
Suspension of the Train service
(Seoul Line No.2 Signalling system refurbishment)**

이정원* 이종호**
Lee, Jung-Won Lee, Jong-Ho

ABSTRACT

The Seoul subway line No.2 is the one of the busiest metro service line of the passenger transportation in Seoul metropolitan city. The number of the passengers served by the Seoul subway line No.2 is more than 1.9 million in a day according to the transportation reference of 2004, which is about 15% of the whole population in Seoul metropolitan city. This is the reason why the Seoul Metropolitan Subway Corporation(SMSC) is implementing the refurbishment of the current ATS signalling system of Seoul Line No.2 into the most advanced ATO system with the continuous air-gap telegram transmission through the track circuit without any suspension of the train service either in when or in where, which is the first in the world in its attempt to refurbish the old signalling system under service without any suspension of the train operation.

1. 서론

서울지하철2호선은 지난 1980년 대한민국 지하철로써는 1호선에 이어 두번째로 운행 서비스를 시작한 이래 서울특별시 시민들의 가장 중요한 교통 수단중의 하나가 되었으며, 순환선이라는 특성과 함께 서울특별시 지하철 노선중에서도 시민들의 사용 빈도수가 가장 많은 중요한 노선중 하나가 되었다. 실제로 서울특별시지하철공사의 지난 2004년 연도별 호선별 수송실적 통계에 따르면 2호선을 이용한 승객들의 수는 다른 세계 노선을 이용한 승객들 수의 총합과 비슷할 정도로 그 사용 빈도가 크다고 하겠다.¹⁾ 현재 서울지하철2호선은 본선 순환선과 두 개의 지선으로 구성되어 있고 총연장은 본선 48.8km, 성수 - 신설동 간의 성수지선 5.4km, 그리고 신도림 - 까치산 간의

* 서울특별시지하철공사 신호통신처 신호팀장, 비회원

** 서울특별시지하철공사 신호통신처 제어과, 비회원

신정지선 6.0km로 이루어져 있으며, 열차 운행의 안전을 확보하기 위한 신호장치는 계전연동장치와 열차자동정지장치(Automatic Train Stop, ATS)로 2호선 운행의 초기부터 사용되기 시작한 후 현재 사용기간 21년(내용년수 20년)이 되고 있다.

이에 서울특별시지하철공사는 2호선의 신호장치 교체 시기가 도래함에 따라, 서울지하철2호선의 노후화된 계전연동장치와 ATS장치를 최신의 설비인 ATO장치로 교체하여 최상의 승객 서비스를 제공하기로 하고, 서울특별시 교통 수단으로써 2호선이 차지하는 중요도를 고려하여 일시적인 열차 운행의 중단이나 구간 운휴없이 신호장치의 절체를 시도한다. 이는 어떠한 일시적인 열차 운행의 중단이나 구간 운휴없이 신호장치가 절체되는 세계 최초의 시도가 될 것이다.

2. 본 문

서울지하철2호선은 계전연동장치를 사용하여 열차 운영을 위한 진로를 확보하며, 열차자동정지장치(Automatic Train Stop, ATS)를 이용하여 운행하는 열차 간의 간격을 안전하게 유지하고 있으며 그 구성은 아래 그림1과 같다.

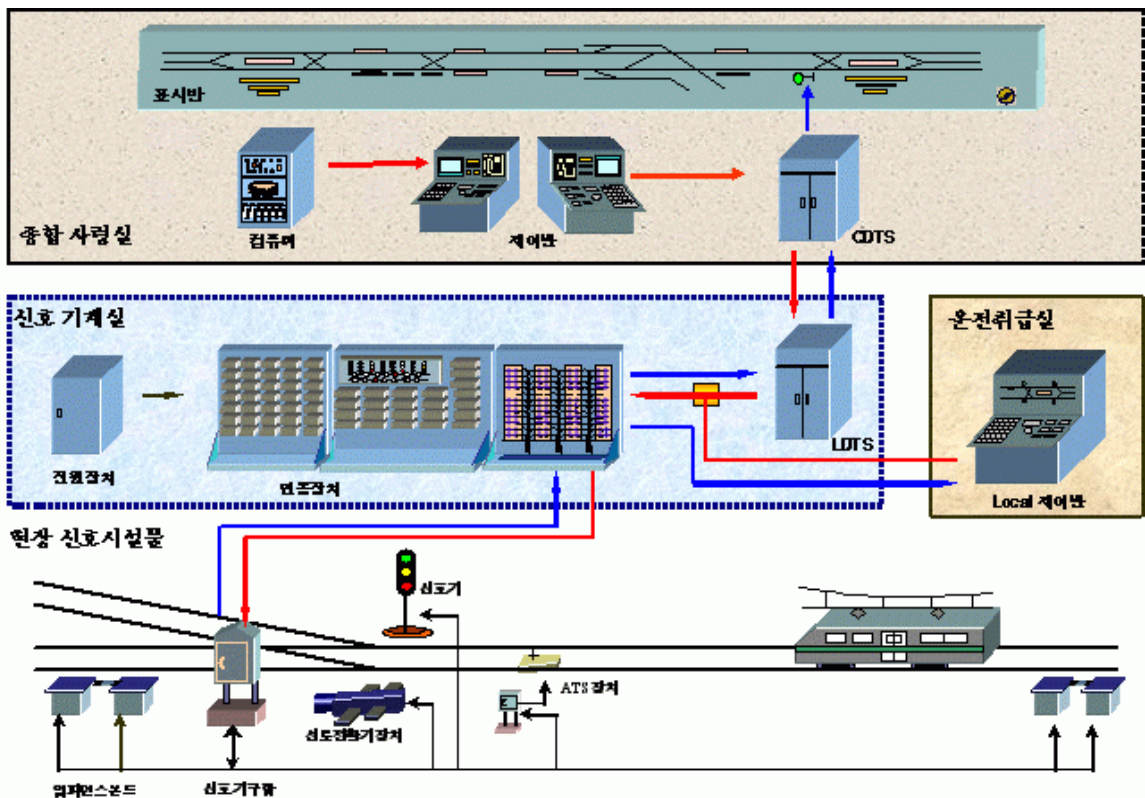


그림 1. 서울지하철2호선 계전연동장치 및 ATS 시스템 구성

위 그림1에도 나타나 있듯이 각 역간은 유절연 PF 궤도회로로 폐색 분할되어 있으며, PF 궤도회로 경계에는 ZB(임피던스 본드)가 설치되어 궤도회로 구성과 평행한 전차선 궤환의 통로를 제공하고 있다. PF 궤도회로의 각 폐색 진입부에는 ATS 지상자가 설치되어 있고 궤도회로 및 폐색 신호기와 연동하여 열차의 간격을 안전하게 확보한다.

열차 운행의 진로 및 간격을 안전하게 확보하기 위한 기존의 신호시스템을 최신의 ATO설비로 짧은 시간에 교체하는 것은 불가하며 철저하고 세심한 계획을 통한 단계적인 절체가 반드시 필요한 사항으로, 설비들의 사용 연한이 도래하여 기존 운영 설비를 최신의 ATO 설비로 단계적으로 개량해야 하는 서울지하철2호선의 경우 최대한 승객들의 편의를 도모하여 구간 운휴나 운행 중단없이 병행 운전이 이루어질 수 있도록 한다.

2.1 병행운전의 구현

병행운전을 구현하기 위해서는 ATS 차상장치를 탑재한 열차와 ATO 차상장치를 탑재한 열차의 진로를 안전하게 확보하고 서로 간의 운행 간격을 보장할 수 있어야 한다. 현재 ATS 차상장치를 탑재한 열차는 신호기의 현시 상태와 연동되는 ATS 지상자를 통해 기관사로 하여금 열차를 안전하게 운전할 수 있는 최고 허용속도를 제공 받는다. 그리고 ATS 차상장치를 탑재한 열차는 ATS 지상자가 설치된 궤도회로 진입부에서만 정보를 제공받는 반면, ATO 차상장치를 탑재한 열차는 운행중인 궤도회로를 통하여 연속적으로 텔레그램 정보를 전송받아 열차가 안전하게 운행될 수 있도록 한다.

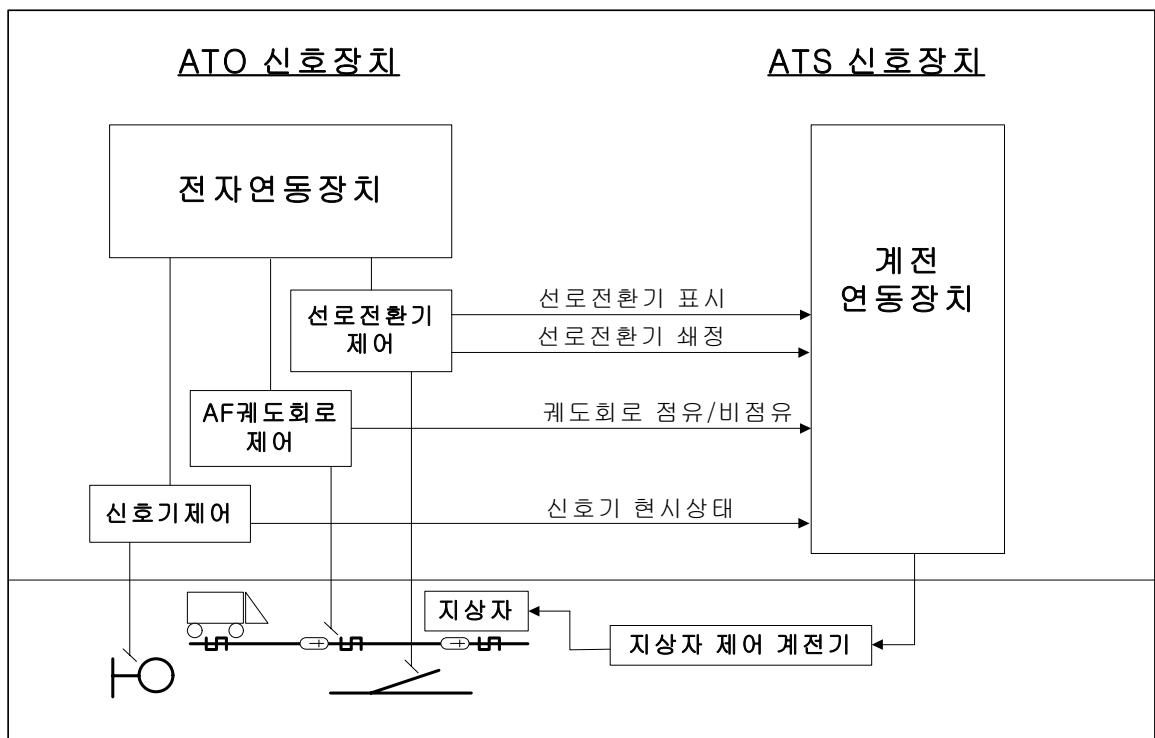


그림 2. 병행운전 구현을 위한 현장 설치 및 인터페이스 구성^{2),3)}

이에 따라 위 그림2에서도 알 수 있듯이, ATO 차상장치를 탑재한 열차는 기존의 PF 궤도회로를 대체하여 설치된 AF 궤도회로를 통하여 운행에 필요한 텔레그램을 연속적으로 전송 받는다. 반면, ATS 차상장치를 탑재하고 운행하는 열차는 ATS 지상자에서 신호기와 연동하여 제공하는 최고 허용속도의 운행 정보를 전송 받는다. 이러한 ATS 차상장치를 탑재한 열차의 운영을 계속 유

지하기 위해 계전연동장치 내부의 논리부는 신설 ATO장치의 전자연동장치에서 제공되는 인터페이스를 적용하여 구성된다. 이와 같이 ATO 열차와 ATS 열차에 안전한 열차 운행의 정보를 각각 전송하는 AF 궤도회로와 ATS 지상자를 서로 간의 간섭없이 현장에 설치, 유지함에 따라 ATO 차상장치를 탑재한 열차와 ATS 차상장치를 탑재한 열차가 절체기간 동안 서울지하철2호선에서 안전하게 병행하여 운행 될 수 있다.

2.2 열차 운행의 중단없는 시스템 절체

노후화된 서울지하철2호선의 신호시스템을 열차 운행의 중단없이 최신의 ATO설비로 개량하기 위해 시스템은 단계적으로 절체되어야 한다. 각 단계는 현장의 궤도회로부터 시작하여 연동장치 및 사령설비를 포함한 전체시스템의 절체로 이어진다. 뿐만아니라, 각 단계에서 하루 하루의 절체 과정 또한 열차의 운행에 영향을 미쳐서는 안되므로 매일 열차 운행이 끝나고 전차선의 단전이 이루어진 01:30분부터 다음 열차 운행의 준비가 시작되는 04:00분까지 2시간 30분 동안 모든 절체 과정은 완료 되어야 하며 그렇지 못할 경우 기존 시스템으로의 복귀는 불가피하다. 그리고 성공적으로 절체된 구간에서는 바로 열차 운행의 서비스를 시작하므로 매일 매일의 절체 과정은 가장 중요한 과정중 하나이다.

2.2.1 궤도회로 절체

궤도회로는 기존의 유절연 복궤조 PF 궤도회로에서 무절연 복궤조 AF 궤도회로로 절체된다. 기존에 유절연 복궤조를 구성하기 위해 사용된 ZB(임피던스 본드)는 레일에서 분리되고, 절연부는 레일 본드 점퍼를 사용하여 무절연화 한다. 현장의 무절연화 된 부분에는 인접한 AF 궤도회로 간의 전기적인 분리를 위한 본드(S-본드)가 설치되며, PF 궤도회로와 AF 궤도회로가 인접한 곳에는 절연을 계속 유지하고, 절연이 있을 경우에 사용되는 AF 궤도회로의 본드(End-본드)를 사용한다.

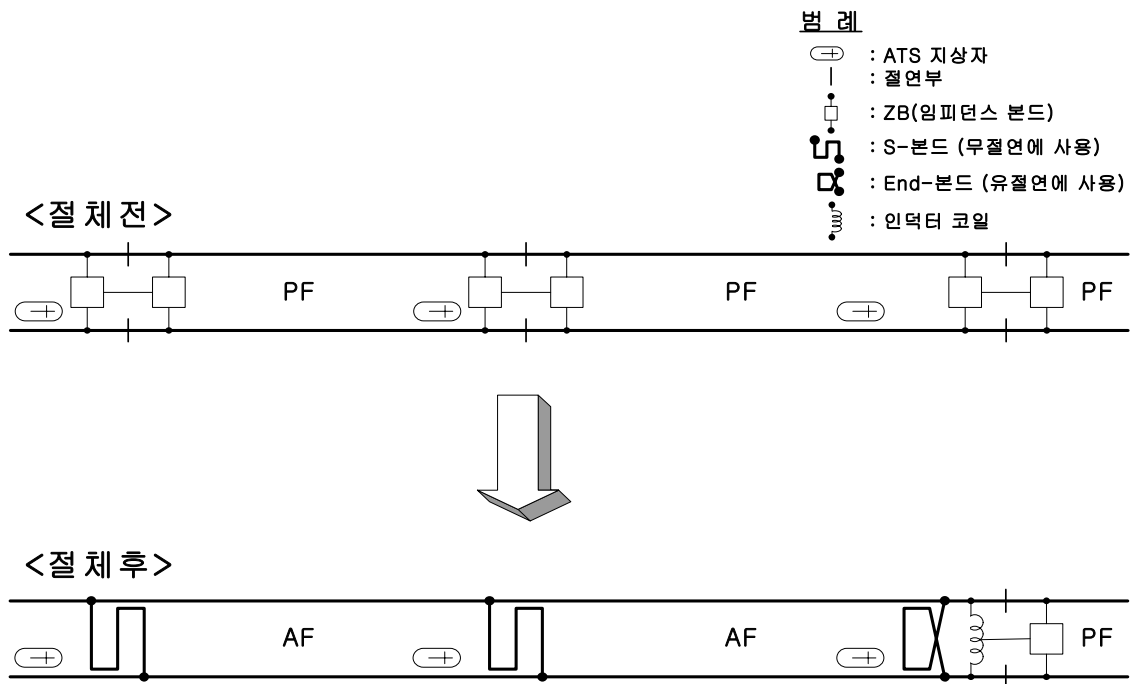


그림 3. 현장 궤도회로절체 구성

위 그림3에서와 같이 물리적인 PF 궤도회로의 구성이 완전히 분리되고 AF 궤도회로의 구성으로 절체되면 AF 궤도회로는 다음 열차 운행의 시작을 위해 정밀 조정이 이루어지며 정밀 조정이 완료된 AF 궤도회로는 완전 절체되어 운행 서비스를 시작한다.

열차 운행의 서비스를 위해서는 AF 궤도회로의 동작 뿐만아니라 열차 운행의 기동력을 제공하는 전차선 전류의 귀환을 위한 통로도 반드시 제공이 되어야 한다. 기존 PF 궤도회로나 절체된 AF 궤도회로 모두 전차선 전류를 양측 레일을 통하여 흘려 보내는 복궤조 궤도회로로써, PF 궤도회로와 AF 궤도회로의 인접한 부분에서는 양측 레일 모두 절연이 유지되므로 전차선 전류의 귀환을 위한 통로가 차단된다. 양측 레일에 케이블을 연결하여 기존과 같이 ZB 중성단에 연결하면 인접한 AF 궤도회로가 낙하하므로 궤도회로의 낙하도 방지하고 복궤조의 전차선 전류도 구현하기 위해 위 그림3에서 나타난 인덕터 코일을 응용하였다. 인덕터코일의 인덕턴스에 의해 궤도회로는 낙하되지 않고 공진을 유지할 수 있으며, 복궤조를 구현함으로써 궤도회로의 불평형을 해결할 수 있다. 실제 현장에서 인덕터 코일은 기존 ZB를 재활용함으로써 그 기능 뿐만아니라 활용도도 높일 수 있다.

2.2.2 연동장치 절체

연동장치의 절체를 위해 ATO설비의 전자연동장치에서는 기존의 자동, 반자동 및 입환 신호기 중 분기부에 설치되는 입환 신호기와 일부 구간의 출발 신호기만을 제어하도록 하며, 기존 반자동 신호기는 자동 신호기화 하여 다른 자동 신호기와 함께 열차 운행에 따라 자동 현시되도록 한다. 그리고, 그림2에서도 나타나 듯이 선로전환기의 제어는 ATO설비의 전자연동장치에서 이루어진다.

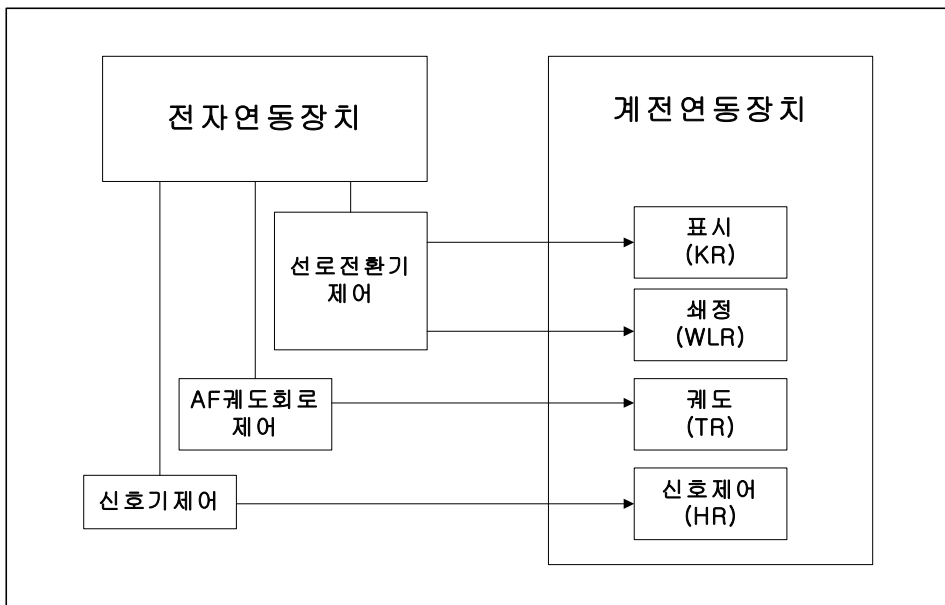


그림 4. 연동장치 절체를 위한 인터페이스 구성

이와 더불어 ATO설비의 전자연동장치로부터 위 그림4에 나타난 것과 같이 궤도회로, 선로전환기 및 신호기 각각의 인터페이스를 기존의 계전연동장치에 적용함으로써 계전연동장치의 연동논리는 특별한 변동이 없이 동작할 수 있도록 한다.

2.2.3 전체시스템 절체

전체시스템의 절체는 현장 궤도회로의 절체가 모두 이루어지고 연동장치의 절체 시험이 모두 완료된 후 사령설비의 절체와 함께 이루어진다. 전체시스템의 완전 절체 또한 다음날 열차 운영을 위해 하루 야간에 모두 이루어져야 하는 사항으로 서울지하철2호선과 같이 기존에 운영되는 노선을 열차 운영의 중단없이 개량하기 위해서는 전체시스템의 절체를 위한 안정화 시험이 충분히 진행되어야 한다. 이는 열차의 운행 서비스를 확보하여 승객들의 안전과 편의를 도모하기 위해 필수적인 사항이라 할 것이다.

3. 결 론

서울특별시지하철공사는 승객들의 안전과 편의를 최대한으로 보장하며 어떠한 구간 운휴나 열차 운영의 중단없이 노후화된 서울지하철2호선을 최신의 ATO설비로 개량하고 있다. 이는 열차 운영의 중단없이 시행되는 세계 최초의 시도가 될 것이며 또한 단계적으로 절체됨에 따라 시행되는 ATS 열차 및 ATO 열차의 병행 운전은 다른 개량 사업에 응용될 수 있는 좋은 사례가 될 것이다. 또한, 각 단계에서 적용되는 시스템 절체의 방안들은 비록 계전연동장치나 열차자동정지장치를 ATO 설비로 개량하는 경우는 아닐지라도 충분히 적용될 수 있는 방안들이 될 것이다.

참고문헌

- 1) 서울특별시지하철공사 2005년도 지하철수송계획, 제3장 2004년 수송실적
- 2) 『철도신호공학』, 박재영,홍원식,진병록 공저, 동일출판사
- 3) 서울지하철2호선신호설비개량사업, 지상신호설비제작사양서, 8장 AF궤도회로장치