

## 선로전환기(NS)의 배선세트 개선

정락교<sup>1\*</sup>, 박건원<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부, <sup>2</sup>서울메트로 설비처

### The Improvement of Electrical Point Machine Wiring Set

Rag-Gyo Jeong<sup>1\*</sup>, Gun-Won Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Metropolitan Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute

<sup>2</sup>Dept. of Equipmet, Seoul-Metro

**요약** 국내철도 노선에 사용되는 NS형 선로전환기는 1960년대 말 일본에서 도입 되어 국산화 과정을 거쳐 개량되어 현재 까지 설치 운용하고 있다. 선로전환기는 열차운행 상 가장 취약한 개소로 관리되고 있으며 사소한 결함에도 대형 열차사고가 발생될 수 있어 선로전환기 관리는 매우 중요하다. NS 선로전환기는 기계적인 구성품 개량은 꾸준히 이루어졌지만 표시·동력·제어회로 등 전기적인 접속부의 개선 없이 50년 전 도입 당시 기술을 그대로 사용하고 있어 최근 도입·운영되고 있는 자동·무인운전 시스템과 인터페이스에 문제가 있을 수 있다. 또한, 기존 NS 선로전환기 배선세트는 회로제어기와 제어계전기를 고정된 상태에서만 점검이 가능하여 고장발생 시 복구를 위한 점검시간이 과다하게 소요될 뿐만 아니라 철도신호 숙련자만 점검이 가능하여 원활한 열차소통에 어려움이 있는 것이 현실이다. 따라서 본 논문에서는 국내 NS 선로전환기의 표시·동력·제어회로 등 전기적인 접속부에 대한 개선 방안을 도출하고 최적화된 NS 선로전환기의 개선방안을 제시하고 서울2호선 자동운전(Distance to go) 구간에 시제품을 제작 하여 설치하였다. 이를 보다 확대 적용하면 안정적인 신호시스템 구성과 더불어 효율적인 유지보수가 이루어져 철도이용 승객 서비스 증대 및 유지보수비용 절감 등의 효과가 있을 것으로 판단된다.

**Abstract** An Electrical Point Machine (NS:New-type Switch), which is equipped and operated at railways in Korea, has been used since the 1960s after being imported from Japan. On the other hand, although the mechanical configuration has improved the position-motor-control circuit, the electrical connection has not been improved, so NS may have a problem, such as the interlocking system of automatic train operation. In addition, NS is the most vulnerable part in the railway system and a huge train accident may occur due to minor defects. The existing NS wiring set of the circuit controller should be checked only if fixed. Therefore, an excessive inspection time only by a Railroad Signal expert is required. In this paper, the improvement of electrical connection in a NS wiring set, such as the position-motor-control circuit, was developed and the prototype was installed at Seoul Metro in the distance to go section. The results can be used to help make appropriate adjustments. The improvement of the NS wiring set enhance the maintenance efficiency, passenger service and the stability of the signal system as well as reducing the maintenance cost.

**Keywords** : Automatic train operation, Distance to go, Electrical point machine(NS; New-type Switch), FT(Fault Tree), Interlocking, Wiring set

### 1. 서론

전기선로전환기는 철도에서 열차의 진행방향을 전환

하기 위하여 설치하며, 현재 일반철도 및 도시철도 구간에 1만대 이상 설치되어 있다. 또한 전기선로전환기는 1960년대 말 일본에서 도입된 NS형 또는 NS-AM형으

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Rag-Gyo Jeong(Korea Railroad Research Institute)

Tel: +82-31-460-5725 email: rgjeong@krrri.re.kr

Received June 17, 2016

Revised (1st August 30, 2016, 2nd September 8, 2016)

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

로서 전체의 90%이상을 점유하고 있다[1],[2]. 선로전환기(분기기)는 열차 운행상 가장 취약한 개소로 관리되고 있으며 사소한 결함에도 대형 열차사고가 발생할 수 있다. 국내 철도신호 시스템 최대 점유율을 가지고 있는 NS계열 선로전환기(“이하 NS 선로전환기”)는 1970년대 계전연동장치부터 현재의 전자연동장치까지 널리 사용되고 있으며, 1990년대 동작계수기 및 풀림방지 너트 설치, 2000년대 밀착검지기·유동 방지간 및 전자식·밀봉형 클러치로 개량하는 등 꾸준한 개선을 시행하여 왔다. 하지만 이러한 개량들은 모두 NS형 선로전환기의 기계적인 구성품 개선으로 국한될 뿐 선로전환기의 표시·동력·제어회로 등 전기적인 접속부의 개선 없이도 입 당시 기술을 그대로 사용하고 있어 최근 운영되고 있는 자동·무인운전 시스템과 인터페이스적인 문제가 있을 수 있다. 시스템 교체 및 운영 환경을 고려한 운영시나리오 작성과 운영시나리오에 따른 운영사례를 분석하여 타당성과 효과를 입증하였다. 이중시스템 운영에 따른 안정성이 상대적으로 취약한 기존 시스템의 신호현시에 영향을 주어 오동작을 야기하는 인자를 분석하여 하드웨어 측면에서 역간정보를 실선으로 개선하여 신뢰성을 증대시켰다. 소프트웨어 측면에는 궤도정보처리의 점유/비 점유 상태를 개선하여 시스템이 안전측 동작토록 실현하였다[3~5]. 또한, 기존 NS 선로전환기 배선세트는 회로제어기와 제어계전기를 고정된 상태에서만 회로점검이 가능하여 고장발생 시 점검시간이 과다하게 소요될 뿐만 아니라 철도신호 숙련자만 점검이 가능하여 원활한 열차소통에 어려움이 있다[6]. 따라서 본 연구는 NS 선로전환기의 표시·동력·제어회로 등 전기적인 접속부에 대한 개선 방안을 도출하고자 하며, 이를 위해 서울2호선 자동운전 구간에 시제품을 설치하였고, 그 결과를 바탕으로 국내 철도신호 시스템과 최적화된 NS 선로전환기 개선방안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 선로전환기

하나의 선로에서 다른 선로로 분기하기 위한 설비가 분기기이며, 분기기의 방향을 변환시키는 것을 선로전환기라 한다. 선로전환기는 그 구조에 따라 보통 선로전환기, 탈선선로전환기, 가동크로싱부 선로전환기로 구분할

수 있으며, 사용동력에 따라 수동 선로전환기와 스프링 선로전환기, 동력 선로전환기로 구분할 수 있다. 동력 선로전환기로는 전기식, 유압식, 공압식이 있으나 현재는 대부분 전동기의 회전력을 직선운동으로 변환하는 전기 선로전환기를 사용하고 있다. 현재 우리나라에서 사용 중인 전기선로전환기는 Table 1과 같다[1], [2].

Table 1. Type of electrical point machine in korea

Classification	NS Type	NS-AM Type	MJ81 Type	Onboard Type	Sleeper Type
Year	1964	1990	1981	-	1990
Power source	AC105/220 Single phase	AC105/220 Single phase	AC220, Single phase AC220/380 Three phase	AC105/220 Single phase	AC115/230 Single phase
Operating current	8.5A/220V	8.5A/220V	4A/220V 1.5A/380V	7.5A/220V	5.6A/115V
Switch force	300kg	400kg	200~400kg (Movement 260mm)	350kg	200~2,000kg
Switch time	6sec	6sec	5sec	2sec	4.4~5.5sec
Clutch	Friction	Magnet	Friction	Friction	Magnet
Movement [mm]	Switch gear : 185 Lock rod: 130~185	Switch gear : 185 Lock rod: 130~185	110~260	210	20~160
Lock method	Indirect	Indirect	Direct	Indirect	Direct

전기선로전환기는 취급자의 의사를 텅 레일(Tongue Rail)에 전달하여 전환방향 및 밀착유지 등을 검사하는 기능이 반드시 필요하며 신뢰성이 있어야 한다. 또한 선로전환기의 동작과정은 신호 취급실이나 종합관제소와 같은 원격지에서 조작자나 종합관제센터 운전프로그램으로부터 제어정보를 현장 선로전환기에 지령한다. 제어정보를 받은 선로전환기는 전동기에 의해 텅 레일을 전환하여 쇄정이 완료되면 그 결과를 다시 관련 신호 장치나 취급실에 보고함으로써 임무는 끝난다.

이러한 과정에서 제어의 안정성, 전환 및 표시의 정확성, 밀착의 유지확보를 위한 기계적, 전기적 기능설계가 보장되어야 하고 관련 신호 장치와 전기적 연쇄가 완벽하게 이루어질 수 있어야 한다[2]. 선로전환기의 동작과정은 Fig. 1과 같다.

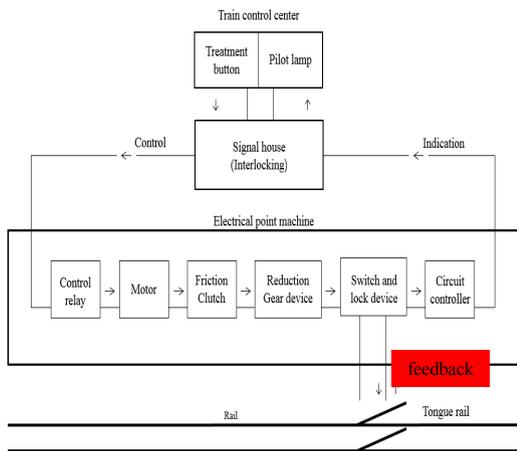


Fig. 1. Operating process of electrical point machine

NS 선로전환기의 전기회로에서 취급자의 정보를 제어전기에 입력하는 제어회로, 전환결과를 검색하여 출력하는 표시회로(Position circuit) 및 전동기의 동력회로(Motor power circuit)로 구성되어 있다.

## 2.2 선로전환기 고장 분석

### 2.2.1 선로전환기 고장현황 및 결함수

자동운전 시스템에 NS 선로전환기를 사용하고 있는

서울2호선의 최근 5년간(2010~2014년) 선로전환기 불일치 고장발생 원인을 유형별로 분류하면 회로결함이 27건으로 전체의 56.3%로 가장 큰 비중을 차지한다. 고장유형별 발생현황은 Table 2와 같으며, 결함수로 나타내면 Fig. 2와 같다.

선로전환기 표시회로는 어떠한 오차도 허용할 수 없는 신뢰도를 요구하기 때문에 기계적인 결함, 회선불량, 장비고장 등 모든 실내·외 선로전환기와 관련된 결함이 발생 할 경우 표시회로(Indication-feedback)는 차단되고 철도신호의 안전측 동작(Fail safe) 원칙에 따라 열차의 정상운행은 불가능하게 된다. 이러한 고장상황을 조치하기 위해서는 절대적으로 선로전환기 배선세트 및 회선을 점검해야 한다.

Table 2. Occurrence status of fault type

Year	2010	2011	2012	2013	2014	-
Division						
Circuit fault	5	6	6	5	5	27 (56.3%)
Actuator fault	1	4	3	-	-	8 (16.7%)
Unexplained	1	-	2	-	2	5 (10.4%)
etc	2	2	3	1	-	8 (16.7%)
Total	9	12	14	6	7	48

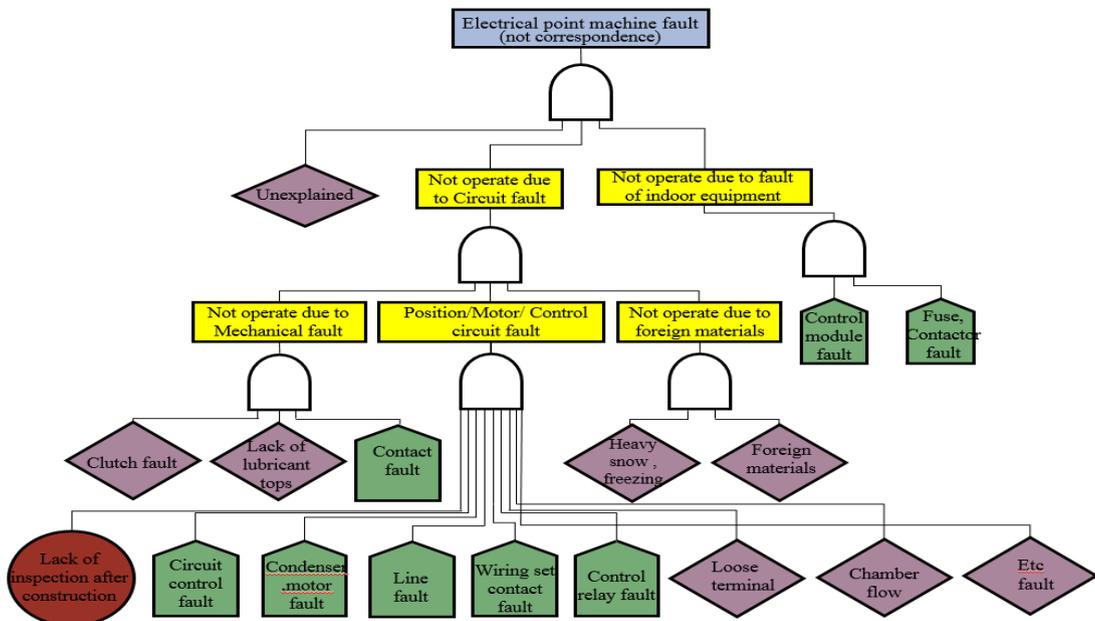


Fig. 2. Fault Tree

### 2.2.2 민감도분석 및 시험

서울 2호선 자동운전(Distance to go)시스템 하에서 선로전환기 불일치 장애와 관련한 고장원인 파악을 위해 Fig. 3의 선로전환기 인터페이스 회로에서 Table 3의 측정 장비를 이용하여 표시회로 민감도 시험을 하였다. 여기서 표시회로는 선로전환기가 정위(Normal position) 혹은 반위(Reverse position) 방향으로 전환된 위치를 취급자나 관련기기에 전달하는 전기적 회로를 말하며, 위 조건으로 신호장치의 자동화와 열차운전의 중앙 집중제어시스템이 가능하게 되었다.

그러므로 선로전환기의 표시회로는 어떠한 오차도 허용할 수 없는 신뢰성이 요구된다. 표시회로는 선로전환기의 전환방향을 전달해주며, 회로가 성립되기까지는 절대적인 구성요건으로 제어계전기의 제어방향과 텅 레일의 전환 방향, 회로제어기의 동작방향이 모두 일치하여야 하며 텅 레일이 밀착되고, 쇄정간이 완전히 쇄정되어야 한다. 회로제어기는 텅 레일이 밀착하고 쇄정이 완료되어야 동작하므로 선로전환기의 완전 전환을 확인할 수 있으며 제어계전기와 회로제어기의 일치를 조사하는 전기적 기능으로 원격제어의 확신성을 보장할 수 있다.

Table 3. Position circuit

Measuring instrument	Use	Remark
PLC (LS XGT)	Position input control(msec)	
Scope meter (Fluke196C)	Measuring Voltage waveforms	

민감도 시험방법으로는 Fig. 3에서와 같이 신호기계실 OT(Outdoor terminal)에서 표시입력 전원단자를 분리 후 PLC(Programmable logic controller) 출력제어부와 직렬 연결하여 측정하였다. 1차적으로 선로전환기 정지상태에서 표시전원 순간 단선 시험으로 PLC 출력포트 1개를 이용하여 20msec단위 제어와 2차적으로 전환상태에서 M+, M- 표시전원 차등 표시시험으로 PLC 출력포트 2개를 이용하여 시차적용하여 수행하였다. 선로전환기 정지상태에서 표시전원 (+) (-)중 한 선 단선 및 두 선 단선 시험과 전환상태에서 (+) (-) 시차 입력 시험결과는 Table 4 및 Table 5와 같다.

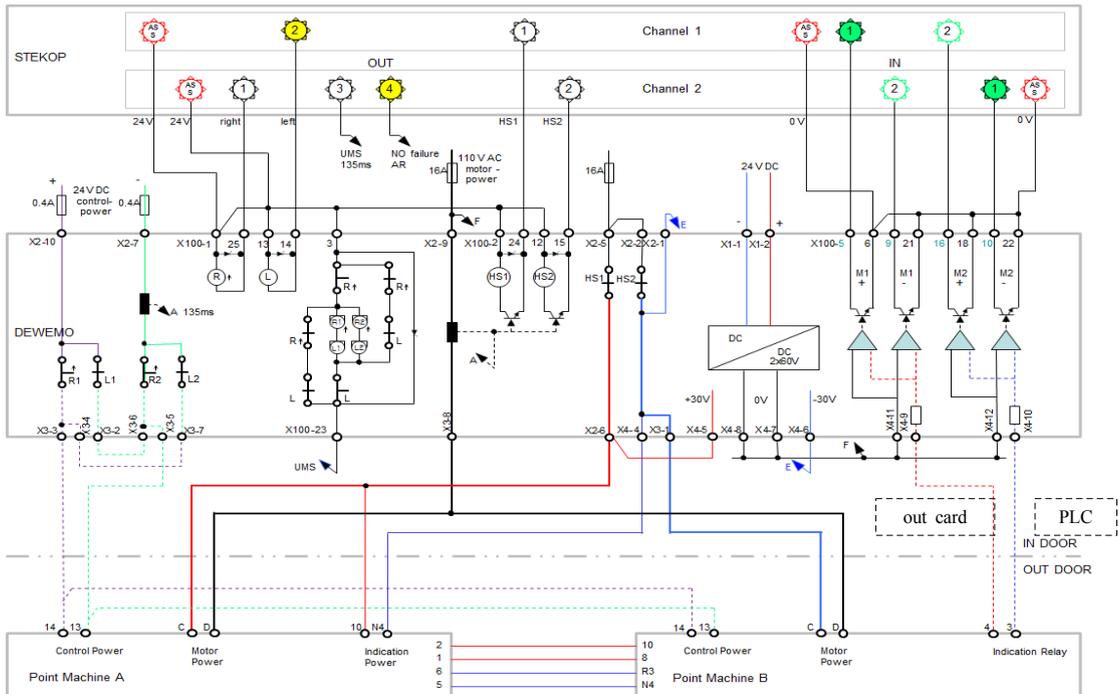


Fig. 3. Block diagram of electrical point machine

**Table 4.** Result for Instant disconnection of position circuit(stationary condition)

Division	Result of disconnection time		Restoration methods	Remark
(+) or (-) disconnection	20~500ms Normal	Over 600ms ING	STEKOP RESET after switching command	Non-reusable
Both (+) and (-) disconnection	20~400ms Normal	over 500ms OOC	Not Correspondance remove	Re-usable

**Table 5.** Result for time lag of position circuit (switch condition)

Division	Result of time lag		Restoration methods	Remark
(+) or (-) display input time lag	20~500ms Normal	Over 600ms ING	STEKOP RESET after switching command	Non-reusable

표시회로 순간단절 시험결과 Fig. 4와 같이 (+) (-) 표시입력 시차 ING발생이 됨을 나타내었고 Fig. 5에서는 한선(-) 단선 ING발생이 되었다.

서울2호선 자동운전시스템의 선로전환기 표시회로 (Position circuit)는 500ms 이하의 짧은 시간만 단절 되어도 불일치(ING 또는 OOC) 장애가 발생하여 원인불명 고장의 원인이 될 수 있음을 확인하였다. 최근 도입되는 자동·무인운전 시스템(Distance to go, CBTC)에서는 기존 시스템보다 높은 정밀성을 요구하고 있어 선로전환기 표시회로의 순간적인 단절을 허용하지 않으며 이후에 표시회로가 정상으로 복구되었다 하더라도 연동장치는 고장으로 처리하여 보수자가 리셋(Reset)을 하거나 운영자가 선로전환기를 정해진 절차에 의해 전환시키는 등의 조치를 취한 후에야 정상동작 시킬 수 있다. NS 선로전환기 내부회로에서 회로고장이 발생했다고 판단될 경우 철도신호 보수자는 초동 조치로써 제어계전기 또는 회로 제어기를 교체하는 것이 일반적인 보수방법이다. 하지만 이러한 조치는 배선세트(잭판)의 기능이 정상적인 것을 전제로 하기 때문에 배선세트(잭판)가 불량이라면 제어계전기 또는 회로제어기를 교체하여도 고장현상은 해소되지 않는 어려움이 있다. 또한 배선세트(잭판) 불량을 감지하였다 하더라도 배선세트(잭판) 교체는 1대에 1시간 이상이 소요되며, 어떠한 오차도 허용되지 않는 고난이도의 작업이 요구되므로 열차가 운행 중인 상태에서

조치는 쉽지 않아 고장이 발생되기 전 선로전환기 표시회로의 안정적 유지는 매우 중요하다.

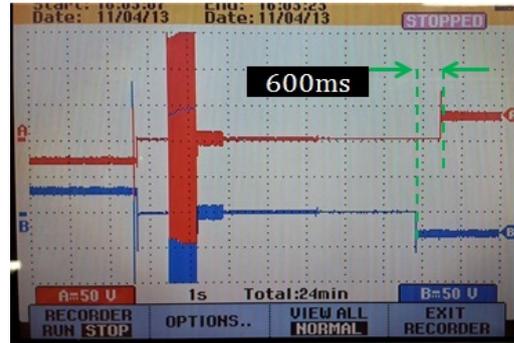


Fig. 4. Time lag ING

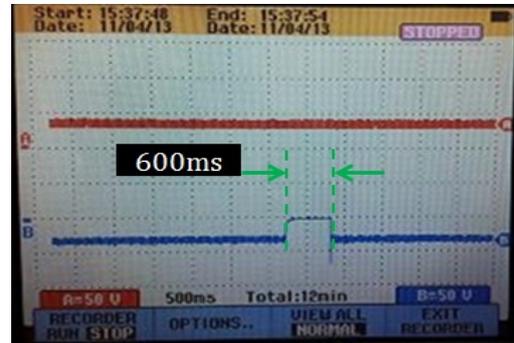


Fig. 5. Disconnection ING

## 2.3 선로전환기 불일치 유형 및 개선

### 2.3.1 선로전환기 불일치 유형

선로전환기 불일치 (OOC : Out Of Correspondence) 유형으로 정지 상태 표시선 2선 동시 단선의 경우로 현장 선로전환기에 수동핸들 삽입후 전환한 경우와 제어계전기 접점이 아크에 의해 소손되거나 접촉 불량일 때, 캠바 크랭크의 스트로크 조정나사 풀림이 있고 Fig. 6와 같이 나타낸다.

또한 선로전환기 전환중(ING)으로 2가지 유형으로 나타나는데 첫 번째 유형으로 정지 상태 표시선 1선 분리 또는 접지된 경우로 모터회선 C(+), D(-) Line중 1선 접지된 경우와 결로에 의한 내부 회선절연저항 불량(절연과괴) 및 내부 잭판상태 불량(흔축) 및 회로제어기·제어계전기 접점 불량으로 나타낼 수 있다.

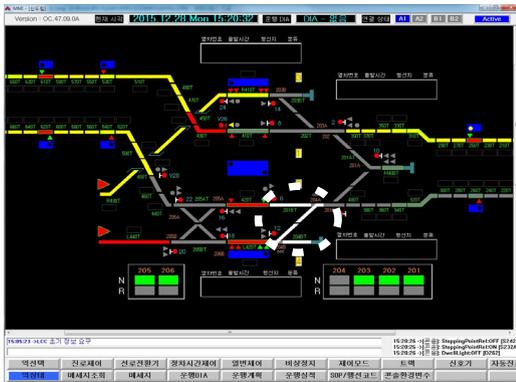


Fig. 6. NS Point OOC

두 번째 유형으로는 전환명령 후 두선 무 표시 경우로 첩편시험, 쌍동 선로전환기 중 1개만 전환, 현장 모터부 불량, 침단간 눈, 이물질 삼입 표시회로 미 구성, 현장 콘덴서 불량이 있으며 Fig. 7과 같이 나타낸다.

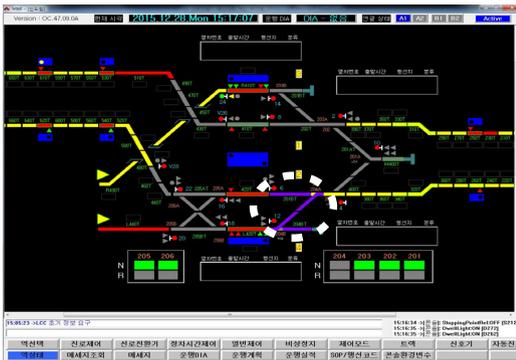


Fig. 7. NS Point ING

**2.3.2 선로전환기 불일치가 열차운행에 미치는 영향**  
 선로전환기 불일치가 발생하면 신호제어정보(Telegram)는 열차가 분기부를 통과할 수 없게 목표거리를 감소시킨다. 이때 기관사는 수신호를 통해 수동운전(Yard Mode)으로 25km/h 이하로 열차자동방호장치(ATP : Automatic Train Protection) 보호 없이 비상운전 한다. 선로전환기 고장발생시 차상 MMI(Man Machine Interface)로 Fig. 8는 차상 MMI 목표거리(운행)제한을 나타내며 Fig. 9는 비상운전 모드로 기관사에 의한 수동운전 MMI이다.

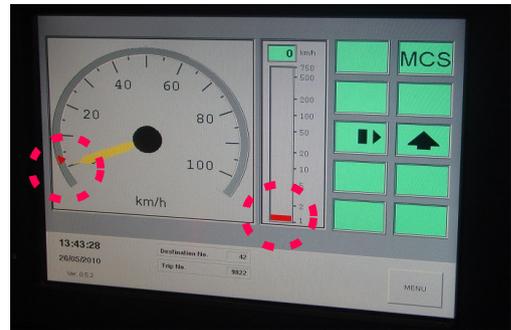


Fig. 8. Limit target distance MMI



Fig. 9. Emergency yard mode MMI

## 2.4 선로전환기(NS) 배선세트 개선

기존 NS 선로전환기는 금속 외함에 기계장치가 설치되어 유지·보수과정에서 기름이 유입되고 외부와 온도 차이에 의해 결로현상이 생겨 바닥부분에는 이물질이 생성될 수 있다. 또한 배선세트(잭판)과 기계장치가 근접하여 전기적인 접촉부에 이물질이 유입되기 쉽다. 그러므로 제어계전기 또는 회로제어기 단자 연결봉이 부식되기 쉽고 배선세트(잭판)에 이물질이 유입되며 인청동 재질의 접촉핀이 산화·부식된다. 아울러 전기호름의 저항요소(부식, 결로, 기름 등)로 인해 안정적인 제어 또는 표시회로 구성이 곤란하여 선로전환기 고장상태에 이르러지며 제어계전기 또는 회로제어기를 교체하여도 배선세트를 교체하기 전까지 고장은 복구되지 않는다. 더욱 중요한 것은 제어계전기 또는 회로제어기를 분리해야만 고장 점검이 가능하고, 점검방법이 용이하지 않아 점검 소요시간이 과다하게 소요된다.

이에 반하여 선로전환기 배선세트에 잭판이 없는 구조로 개선은 잭판에 연결된 배선세트의 배선을 제거 한 후 커넥터를 설치하고 제어계전기와 회로제어기 단자봉



고장을 발생시키는 원인과 인과관계를 나타내기 위해 결함수(Fault Tree)를 작성하였다. 선로전환기 장애 조치흐름을 단계별로 확인한 결과, 선로전환기 회로불량은 물론 기계적인 결함, 회선불량, 장비고장 등 모든 실내·외 선로전환기와 관련된 결함이 발생할 경우 표시회로(Indication-feedback)는 차단되고 철도신호의 안전측 동작(Fail safe) 원칙에 따라 열차의 정상운행은 불가능하게 된다. 이러한 고장상황을 조치하기 위해서는 절대적으로 선로전환기 배선세트 및 회선을 점검해야 한다.

기존 NS 선로전환기 배선세트는 짝판과 기계장치와 근접하여 이물질 유입이 쉬운 구조로 인하여 접속핀이 산화·부식되어 전기흐름의 저항요소(부식, 결로, 기름 등)로 작용해 제어 또는 표시회로로써 구성이 곤란하며, 위와 같은 경우 제어계전기 또는 회로제어기를 교체하여도 배선세트를 교체하기 전까지 고장은 복구되지 않으며, 제어계전기 또는 회로제어기를 분리해야만 고장점검이 가능하여 점검시간이 과다하게 요구되어 개선이 필요하다.

기존 NS계열 선로전환기의 구조적 결함에 따른 회로 구성 문제점을 보완하기 위해 배선세트의 짝판을 기계장치의 기름이나 습기로부터 이격하여 최적 환경을 제공하도록 하였다. 고장발생 시 제어계전기 또는 회로제어기를 분리하지 않고 점검이 가능하도록 개선하여 신속한 고장조치가 가능한 시제품을 제작 적용하였다. 그 결과, 유지보수 시간이 개선전후를 비교하면 점검시간이 58% 단축 되어 보다 안정적인 신호시스템 구성과 더불어 효율적인 유지보수가 이루어져 철도이용 승객 서비스 증대 및 유지보수비용 절감 등의 효과가 있을 것으로 판단되었다.

## References

- [1] KORAIL Institute. "Process research and requirements for the development Electrical Point machine". Basic research project. Dec, 2010.
- [2] SEOUL METRO. "Human Resource Development Signal Textbooks." Dec, 2014.
- [3] Kyu-Hyoung Choi, Young-Hwan Kho, Sun-Ho Yoon, "A Study on the EMI between ATS and ATP/ATO Systeme", The Korean Society of Automotive Engineers, Con., 2009.
- [4] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Seok-Won Kang, Young-Hwan Kho, "Study on the Design of Operation Scenario for Replacement of a Railway Signaling

System", korean institute of electrical engineers, con., vol. 63, no. 8, pp. 1064-1025, Aug. 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2014.63.8.1064>

- [5] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Seok-Won Kang, Geon-Won Park, "Prevention of the malfunction of the ATS signaling system by parallel operation with ATC", Korean institute of electrical engineers, con., vol. 64, no. 7, pp. 1019-1025, Jul. 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2015.64.7.1019>

- [6] Geon-Won Park, "Reduction the Failure Recovery Time through the Improvement of NS Point Machine-wiring set", Seoul National University of Science and Technology, Feb. 2016.

### 정 락 교(Rag-Gyo Jeong)

[정회원]



- 1990년 12월 ~ 1994년 12월 : (주) 한진중공업 사원
- 1999년 8월 : 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사)
- 2005년 2월 : 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 책임연구원

<관심분야>

대중교통수단개발, 열차제어

### 박 건 원(Gun-Won Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 충주산업대학교(학사)
- 2016년 2월 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원(공학석사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : 서울메트로 신호 차장

<관심분야>

열차제어, 정보통신