

철도신호 계전기 시험기를 이용한 안전성 향상 기대효과 분석연구

Improve safety by railway signal relay tester Benefit Analysis

나준철*, 김진태*†

Jun Cheol Na*, Jin-Tae Kim*†

Abstract The railway signal relay is affiliated facility used for interoperability and input of railway signaling equipment such as electronic interlocking equipment, ATC devices, track switcher, signaling device, track circuit. Currently, approximately 3700 of relays are installed in Bundang line. Existing instrument/testers enabled only feed through tests by handworks about contact fault of the relay due to prolonged use. This study analyzed 171 relay of electronic interlocking devices using the low-resistance measurement and continuity testing in Migeum Station of Bundang line. The analysis confirmed that the mean time between failure was optimized from 4.5hr to 2160hr.

Keywords : Railway Signal Relay, Bun-dang Train Line, Contact fault, MTBF

초 록 철도신호계전기는 전자연동장치, ATC장치, 선로전환기, 신호기, 궤도회로 등 철도신호 제어설비의 입출력과 상호연동을 목적으로 사용하는 부속설비이다. 현재 분당선에는 약 3,700개의 계전기가 설치되어 있다. 기존 계측기(테스터기)로는 장시간 사용으로 인한 계전기 접점장애에 대하여 수작업을 통한 도통시험만 가능하였다. 본 연구에서는 도통시험 및 저저항측정, 텐션점검이 가능한 신규 개발 계전기 시험기를 이용하여 분당선 미금역 전자연동장치에 사용되고 있는 계전기 171개를 테스트하였으며, 불량여부에 대한 사전과약을 바탕으로 전·후 장애현황을 비교분석하였다. 분석결과 평균고장간격(Mean Time Between Failure)이 4.5hr에서 2,160hr로 안정성이 향상됨을 확인하였다.

주요어 : 철도신호 계전기, 분당선, 접점장애, 평균고장간격

1. 서 론

1.1 연구배경

철도신호계전기는 전자연동장치, ATC장치, 선로전환기, 신호기, 궤도회로 등 철도신호 제어설비의 입출력과 상호연동을 목적으로 사용하는 부속설비이다. 현재 분당선에는 약3,700개의 계전기가 설치되어 있다. 기존 계측기(테스터기)로는 장시간 사용으로 인한 계전기의 접점장애에 대하여 수작업을 통한 도통시험만 가능하였고, 저저항측정 및 텐션점검을 할 수 없어 안전성 향상에 문제가 있었다.

† 교신저자: 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과(jtkim@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과

1.2 연구목적

본 연구에서는 기존 계측기(테스터기)를 통한 점검방법으로는 정확성 및 효율성에 문제가 있어 이를 극복하기 위한 도통시험 및 저저항측정, 텐션점검이 가능한 새로운 계전기시험 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 분당선 미급역 전자연동장치에 사용되고 있는 계전기 171개를 대상으로 적용하여 효과를 분석하였다.

1.3 연구대상

본 연구에서는 분당선 미급역 전자연동장치에 사용된 계전기는 무극계전기 2,760개(73.8%), 유극계전기 298개(8%), 자기유지계전기 149개(4%), LMR계전기 374개(10%), 시소계전기 156개(4.1%)로 총 3,737개이고, 접점사용현황은 전자연동 7,544점(18.9%), ATC 6,232점(15.6%), 신호기 1,496점(3.8%), 선로전환기 1,788점(4.5%), 궤도 3,396점(8.5%), 그 외 접점 3,862점(9.7%), 예비 15,546점(40%)로 총 39,864점을 연구대상으로 하였다.

2. 본 론

2.1 계전기 접점불량 현황분석

계전기 장애원인의 대부분은 접촉불량 또는 접촉저항 증가에 의한 장애로 제작사 규격에 따르면 접점의 접촉저항은 $100\text{m}\Omega$ 이하로 유지하고, 일정한 진동에 접촉저항이 변하거나 접점개방현상이 없어야 한다고 되어있지만 접촉저항 $100\text{m}\Omega$ 을 측정 할 수 있는 계측기가 없고, 계전기 진동에 대한 특성을 확인 할 수 있는 방법이 없어, 부정기적이고 간헐적으로 순간순간 발생하는 접점장애의 경우 장애원인 분석 자체가 용이하지 않고 불량접점 검출도 쉽지 않았다. 또한 장시간 사용으로 인한 접점마모와 아크에 의한 접점손상 및 산화피막 생성, 접점을 받쳐주는 금속판의 휨현상으로 인한 접점 밀착력 감소로, 접점의 접촉저항이 증가하였다. 또한 온도변화에 따른 금속판 이완으로 밀착력이 저하되고, 상하진동으로 접점개방 및 채터링(접점이 반복적으로 단락 및 개방시키는 현상)이 발생되었다.

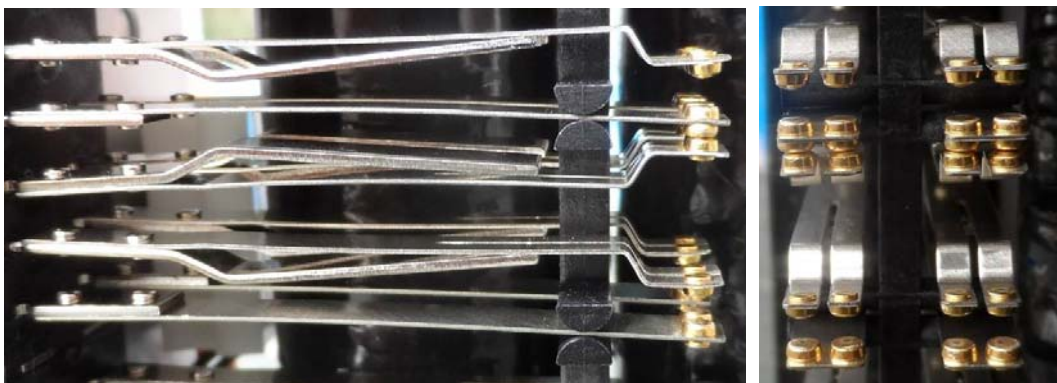


Fig. 1 Relay contacts failure cause analysis

2.2 계전기 시험기 제작

2.2.1 기본사항

신호계전기(무극계전기, 유극계전기, 자기유지계전기, LMR계전기, 시소계전기 총5종)의 접점상태 및 동작상태를 자동/수동모드로 일괄제어 할 수 있어 단시간이 가능하고 10개의 유극계전기와 무극계전기 140개 접점을 동시에 점검가능하며, 2개의 자기유지계전기 12개 접점을 동시에 가능하도록 하였으며 LMR계전기와 시소계전기 1개 접점상태 및 기능점검이 가능하도록 제작하였다. 또한 간헐적 접점불량 원인 중 주요한 요인으로 진동에 의한 접점 불량을 점검 할 수 있도록 진동/완충장치를 설치하였다.

2.2.2 주요기능

고가의 저저항 측정기 없이 4선식 저저항측정법(4-Wire Resistance measurement: 정격전류 100mA를 측정대상(접점)에 흐르게 하여 양단에 걸리는 전압을 멀티테스터로 측정 할 수 있으며, 옴의 법칙을 이용하여 측정대상이 저저항값(0.01~100Ω을 환산하여 계측)을 이용하여 멀티테스터로 측정범위 0.01~100Ω 단위까지 정밀하게 측정가능하며 유지보수자의 편의성 및 점검시간 단축을 위해 저저항값을 LED Bar(막대그래프)로 표시하여 접점을 하나씩 측정하지 않더라도 직관적으로 접점저항의 상태를 정밀하게 점검 할 수 있다. 또한 MTBF (Mean Time Between Failure: 평균고장시간) 향상 및 전자연동장치 장애예방이 가능하다.



Fig. 2 New development relay tester

2.3 시험방안 및 분석결과

분당선 미금역 전자연동장치에 사용되고 있는 계전기 171개(접점수 2,182개) 테스트 결과 불량계전기 48개(접점개방 8개, 접촉불량 40개)를 적출 할 수 있었다.



Fig. 2 New development relay tester

2.3.1 평균고장간격 비교

기존장비 테스트 기록은 30일간 160건의 장애발생으로 평균고장간격이 4.5hr였지만, 신규 장비 테스트 기록은 90일간 1건의 장애발생으로 평균고장간격은 2,160hr로 향상하였다.

Table 1 Existing equipment and new equipment test period the test period

구분	기존장비 테스트 기간	신규장비 테스트 기간
평균고장간격	$MTBF = \frac{30 \times 24}{160} = 4.5hr$	$MTBF = \frac{90 \times 24}{1} = 2160hr$

2.3.2 작업공정도 비교

기존장비를 이용하여 철거, 운반, 검사, 운반, 설치까지 모든 작업공정시간이 102초가 소요되었지만 신규장비를 이용 시 모든 작업공정시간이 총 46초로 단축됨을 확인하였다.

Table 2 Existing equipment and new equipment operation process

구분	철거	운반	검사	운반	설치	합계
기존장비	18 초	10 초	46 초	10 초	18 초	102 초
신규개발장비	12 초	10 초	2 초	10 초	12 초	46 초

※ 2인 작업기준, 계전기 1개당 점검시간

2.3.3 계전기 접점저항측정 및 텐션시험 비교

기존장비로는 접점저항측정 및 텐션시험이 불가능하였으나 신규개발장비로는 접점저항측정에 12초가 소요되었고, 텐션시험에는 6초가 소요되었다.

Table 3 Relay contact resistance and tension testing

구분	접점저항측정	텐션시험	합계
기존장비	측정불가	점검불가	-
신규개발장비	12 초	6 초	18 초

2.3.4 총 작업시간 계산

기존장비로 철도신호 계전기 1개 점검 시 작업공정시간은 122.4초이고, 171개 총작업시간은 5.81hr가 소요되었다. 신규개발장비로 1개 점검 시 작업공정시간은 76.8초이고, 171개 총작업시간은 3.64hr로 단축됨을 확인하였다.

Table 4 Total work time calculation

구분	작업공정시간	총 작업시간
기존장비	102 초 × 1.2 = 122.4 초	122.4 × 171 = 20,930 초 = 5.81hr
신규개발장비	(46 + 12 + 6) × 1.2 = 76.8 초	76.8 × 171 = 13,132 초 = 3.64hr

※ 작업공정시간 = 작업시간 x 여유율(1.2)

※ 미금역 계전기 설치수량 : 171개

2.3.5 인건비 산출

기존 장비 사용시 평균고장간격은 4.5 시간/개, 연간출동건수 1,947 회/년, 연간점검시간 1,947 시간/년, 인공 243.4 원/인·시간으로 총 인건비 70,515,414 원/년의 지출이 있었으나 신규개발장치 사용시 147,752 원/년으로 총 70,367,662 원/년 절감효과를 기대할 수 있음을 확인하였다.

Table 5 Calculating labor costs

구분	평균고장간격	점검시간	연간출동건수	연간점검시간	인공	인건비
기존장비	4.5hr	1 hr	24 × 365 / 4.5 = 1947 회	1947 × 1 = 1947 hr	1,947 / 8 = 243.4	243.4 × 289,710 = 70,515,414 원
신규개발장비	2160 hr	1 hr	24 × 365 / 2160 = 4.1 회	4.1 × 1 = 4.1 hr	4.1 / 8 = 0.51	0.51 × 289,710 = 147,752 원

※ 2인 작업기준, 계전기 1개당 점검시간

3. 결론

철도신호계전기 시험기 신규장비 적용 시 5개 항목에 대하여 비교분석결과는 아래와 같다.

- 분당선 미금역 전자연동장치에 사용되고 있는 계전기 171개를 테스트하여 평균고장간격 (MTBF)를 4.5hr 에서 2160hr로 향상 됨을 확인하였다.
- 기존장비 작업공정시간이 102초가 소요되었지만 신규장비 이용 시 모든 작업공정시간이 총 46초로 단축됨을 확인하였다.
- 기존장비는 계전기 접점장애에 대하여 수작업을 통한 도통시험만 가능하고 총 작업시간 5.8hr가 소요되었으나, 신규 개발한 계전기시험기는 도통시험 및 저저항측정, 텐션점검까지 총 작업시간 3.64hr로 단축되었다.
- 기존장비의 미금역 전자연동장치에 사용된 계전기 171개 총작업시간은 5.81hr가 소요되었다. 신규개발장비로 1개 점검시 총작업시간은 3.64hr로 단축됨을 확인하였다.

- 기존장비 사용시 인건비는 70,515,414원이었으나 신규개발장치 사용시 147,752원으로 연간 총 70,367,662원/년의 절감효과를 확인하였다.

상기 결과를 통하여 정확성 및 효율성에 문제가 있는 기존 계측기(테스터기)의 검정 방법의 한계를 본 연구에서 제안한 저저항측정 및 텐션점검을 포함하는 검정방법을 통해 극복할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2016-H8601-16-1008)

참고문헌

- [1] Kim S.K., Koo J.S., Chu H.S., Lee J.M., Joo H.J (2013) “A Study on Effective Maintenance Plan by Life Prediction for Relays of AREX’s EMU” *Journal of the Korean society for Railway*, pp.1175-1180
- [2] Kwon B.K., Kim Y.S., Kim Y.W., Choi J.K (2015) “A Study on development of GF relay tester” *Journal of the Korean society for Railway*, pp.385-390
- [3] Park G.W., Song J.h., Kim D.J (2015) “A Study on improvement of NS Points-wiring set” *Journal of the Korean society for Railway*, pp.370-375
- [4] Shin K.Y., Ji J.G., Han J.H., Lee D.G., Son Y.J., Lee H.S., “Life Analysis and Reliability Prediction of Relays based on Life Prediction Method” *Journal of the Korean society for Railway*, pp.1327-1335
- [5] 박재형, 홍원식, 정병록 (2015) 철도신호공학, 동일출판사 pp. 256-260
- [6] ,박재형, 최중환 (2015) 철도신호, 동일출판사 pp. 234-238