

# 철도 선로전환기 기계식 밀착검지기 개발을 통한 장애경감에 관한 연구

## A study on the Prevention of Malfunction by Developing Mechanical Sensing device of Railway Point

○ 유재현\*, 신명호\*\*

\*서울산업대학교 전기공학과 (TEL: 02-916-5250, E-mail : gfour@korail.com)

\*\* 서울산업대학교 전기공학과 (TEL: 02-970-6408, E-mail : mhshin@snu.ac.kr)

### 요 약

정거장 구내에서는 본선으로부터 측선으로 진로를 바꾸는 등 하나의 선로에서 다른 선로로 분기하기 위하여 분기지점에 설치한 궤도 설비를 분기기라 하며 분기기의 방향을 전환시키는 것을 선로전환기라 하는데 이 장치에 문제가 발생 시 심각한 상황이 초래할 수 있다. 이 장치에는 정밀한 기기와 센서가 설치되어 사용되는데 중요한 설비임에도 장애가 많이 발생하며 이로 인한 열차 탈선이라는 극한의 상황까지 이를 수 있다. 본 논문에서는 사용 중인 안전장치들을 장애와 사고를 정밀 분석하고 이를 대체할 수 있는 장치를 개발하여 시험설치 하였다. 이 장치는 이상전압 및 낙뢰의 영향을 받지 않도록 설계되어서 열차 운전이 원활하게 된다.

### Abstract

To change rail tracks from main track to another track, it needs some device that is called turnout point. If the point which is composed of accurate parts and complex sensors does not work, serious problems will be arisen. However, there serious problems by the failure of the point. In this paper, after analyzing the failures of the conventional points, a new point is presented. The proposed point is not affected by surge caused by lighting.

**Keywords** Mechanical safety device, Railway,

## 1. 서 론

21세기에 이르러 산업화와 함께 긴밀하게 발전하고 있는 철도산업은 100년이 넘도록 꾸준한 성장과 발전을 거듭하고 있다. 1899년 노량진~제물포간을 연결하는 국내최초의 철도를 시발점으로 하여 육상교통의 여객 및 화물의 수송을 하지만 주로 여객수송을 하고 있다. 철도의 꽃이라고 할 수 있는 KTX의 탄생은 철도후진국에서 선진국으로 도약하는 계기를 만들고 철도산업의 비약적인 발전으로 가는 첫걸음이라고 하겠다. 수신호에서 시작한 철도는 고속화 대량화와 더불어 첨단기술들이 집약되게 되었다. 그럼에도 불구하고 철로 변에 설치되는 첨단시설들은 열차운행에 반드시 필요하지만 열악한 기후조건과 주변 환경들로 인해 장애가 발생하여 열차운행에 막대한 지장을 주기도 하며 심지어는 열차탈선이라는 대형 사고로 이어지기도 한다. 철도에서 열차의 운행방향을 제어하는 선로 전환기는 조그마한 오작동에서 열차탈선이라는 대형 사고로 이어지기 때문에 각별한 주의와 점검을 요하

는 품목이다. 열차의 진로를 바꿔주는 선로전환기에서 근접식밀착검지기는 기본레일과 가동레일의 검지를 하는 전자적인 장치로 레일에 취부되어 사용하는데 4계절의 큰 온도차와 낙뢰와 같은 이상 유도전압의 발생 시 전자부품의 소손으로 열차운행에 차질을 가져오고 있다.

본 연구는 이와 같은 근접식 밀착검지기 센서방식을 탈피하여 선로전환기에서 기본레일과 가동레일의 밀착을 검지하는 장치를 기계식으로 개발하고 노상에 설치하여 취약한 외부환경에도 오작동의 발생을 최소화하여 장애경감 및 비용절감과 함께 철도발전에 도움이 되고자 한다.

## 2. 밀착검지기 현황

분기기(分岐器, Turnout)란 궤도상에서 열차 또는 차량을 한궤도에서 다른 궤도로 전이시키기 위하여 궤도에 설치한 장치로서 포인트부(轉轍機, Point 또는 switch), 리드(Lead), 크로싱부(鐵叉, crossing 또는

frog)로 구성되며 이중 포인트부는 선로전환기라고도 하며 직접 차량의 진로를 결정하는 부분으로 분기장치와 핵심이라고 할 수 있는 동시에 최대 취약부이기도 하다. 분기기에서 고정되어 있는 레일을 기본레일이라 하고 선로전환기 동작에 의해 좌우로 가동되는 레일을 텅(Tongue)레일이라 하며 기본레일과 텅레일의 밀착간격의 적부를 검지하는 것이 밀착검지기이다. [8]

### 2.1 기계식 밀착검지기

그림 1은 십 수년 전 일본 고속선 방식에서 그대로 수입하여 사용하였던 제품이었으나 지금은 거의 사용하지 않고 있다. 단지 기종변경 직전에 있는 성북역 35호에 사용 중에 있으나 장기적으로는 교체예정이다. 이 제품의 특징은 텅레일의 미는 힘에 의해 검지부를 작동시켜 어느 일정 힘이 가해지면 스프링 탄성에 의해 접점이 구성된다. 견고하고 내구성이 있는 제품이었으나 검지 표시회로의 육안점검이 현상이 아닌 계전기실에서 확인해야만 하고 검지부 간격이 정밀하지 못하다는 단점이 있다.

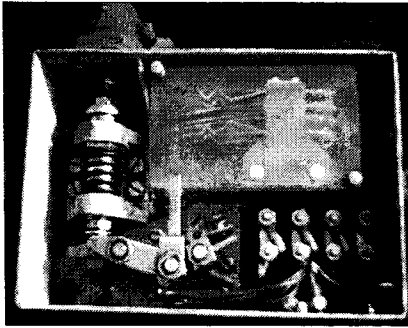


그림 1. 성북역 기계식 밀착검지기

### 2.2 기계식 밀착검지기 Paulve(뿔베)

그림 2는 국내 고속철도 설계당시 선정되었던 제품이며 KTX 도입 시부터 설치된 프랑스에서 제작한 Paulve제품이다. 국내 설치 수량은 총 862대가 설치되어 대다수 고속선에 사용하며 경부선에 152대가 사용 중에 있다. Paulve Detector는 전기신호로 Switch Point와 Swing Nose Crossing Point의 ON/OFF또는 Moving을 감지하여 Rail의 밀착 및 전환을 제어하는 장치로서 4개의 접점(ON 2EA, OFF 2EA)을 가지고 있다. 선로전환기 텅레일의 왕복운동을 회전운동으로 변환시켜 접점구성을 하는 방식인데 전환 중 Finger가 휘어지는 경우가 발생하여 밀착검지 불량이나

나기도 한다. 이런 장애가 발생하는 문제를 보완하기 위해 일부 중요 개소에는 근접식 밀착검지기과 병렬로 사용하고 있다. [5]

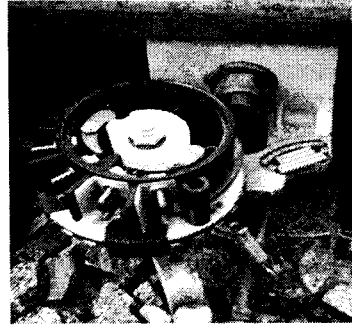


그림 2. 기계식 밀착검지기 Paulve(뿔베)

### 2.3 근접식 밀착검지기

그림 3은 근접식 밀착검지기로 그림 3a의 검지부, 그림 3b의 제어부와 기관내부에 표시부로 구성되는데 LC로 조합된 기기로 근거리 금속 체 접근 시 전자유도 현상에 의해 4mm이내까지 밀착불량의 검지기능을 가지고 있다. 낙뢰에 의한 이상전압 발생 시에는 제어부 및 센서부가 동시다발적으로 소손되어 열차진로조건을 구성하는데 장애가 발생되고 열차운행에 차질이 발생하고 있다. 근접식 밀착검지기는 레일과 보호 CAP취부 시 그림 3b와 같이 센서부 전기적 절연간격은 약 1mm 정도로서 이상전압 유도에 의한 발생 시 센서와 제어부 소손이 나타나면서 유지보수 비용 소요와 열차 지연이라는 이중고를 안고 있다. 현재 근접식 밀착검지기가 대중화되어 있고 국내에서 가장 많이 사용하는 검지방식이며 일반선 고속선 모두 이 근접방식을 고수하고 있는 실정이다. [7]

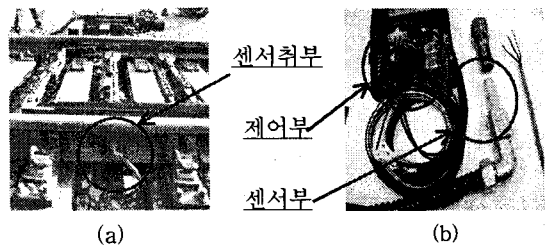


그림 3. 근접식 밀착검지기

한국철도공사 내 전체적으로는 총 7,138대(2005년 기준) 근접식 밀착검지기가 고속선 포함 전구간에 걸쳐 설치 운용 중에 있으며 수도권북부지사 성북신호

제어 사업소에는 109대가 설치되어 있다.

표 1. 신호제어설비 장애

2006년 1월 현재

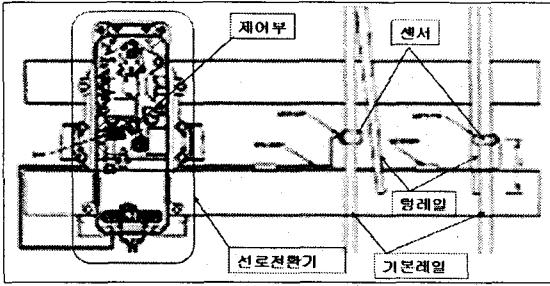


그림 4 근접식 밀착검지기 설치도

그림 4는 근접식 밀착검지기의 센서와 제어부가 취부된 전체적인 그림으로서 국철에서 사용하고 있다. LC로 조합된 고주파 자기중심에 금속체의 물체가 접근하면 전자유도현상에 의하여 금속에 와전류가 흐르며 이 와전류 (I)와 고유저항 (R)에 의해  $I^2R$ 의 에너지 손실이 생긴다. 이에 따라 검출부 발전코일의 임피던스가 변화된다. 이 발전부의 발전에너지 변화량을 검출하여 출력신호를 발생하는 원리를 응용한 것이다. [1]

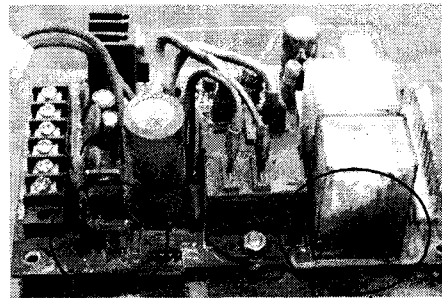
### 3. 선로전환기 장치 장애통계분석

최근 10년간 열차운행에 지장을 준 신호제어설비 장애상황을 살펴보면 선로전환기와 궤도회로 장애가 전체의 약 50%가까이 차지하고 있다. 최근 통계자료 2005년을 분석하면 전체 57건 중에서 선로전환기가 14건(25%), 궤도회로 13건(24%), 기타장애 15건(26%)이 발생하였다. 여기에서 궤도회로 장애는 열차 진행 신호현시로서 정시운행과 관련이 있고 수신호 혹은 관제실의 교신만으로 운행이 가능하나, 선로전환기 장애는 열차 탈선과 밀접한 관련이 있는 장치로서 반드시 원상복구 및 정상신호의 출력이 나타나지 않으면 열차를 소통시킬 수 없는 중요한 장치로서 장애감소는 열차의 안전과 정시간 운행에 밀접한 관계가 있다. 표 1과 같이 분청장애 건수별로 살펴보면 중요한 장치임에도 장애가 다수 발생한다는 것을 볼 수 있으며 향후 중점적인 시설물 관리가 이루어 져야 함을 알 수 있다. [3]

선로전환기 장치의 세부분석은 기기불량, 접속불량 및 회선불량 장애가 있고, 그림 5와 같은 천재지변에 의한 낙뢰와 그리고 폭설에 의한 텅레일 결빙에 의한 장애가 있다. 장애예방으로는 순회점검 강화로 사전조치가 가능하거나 혹은 비상복구체제 확립으로 관계부

구 분	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	최근5년간 (01-05)
계	43	28	11	32	31	5	57	54	43	57	43.2
신호기	1	3	-	6	1	6	-	3	3	2	2.8
선로전환기	13	4	5	8	5	25	14	7	16	14	15.2
궤도회로	7	4	2	9	5	18	10	11	5	13	11.4
전원장치	4	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1.6
연동장치	12	13	1	4	11	12	14	9	-	12	9.4
기 타	6	3	5	4	7	12	17	13	17	15	14.8

처와 합동작업으로 신속한 사전조치가 있지만 근본대책은 아님을 알 수 있다. 선로전환기 장치 중에서도 레일 밀착을 검지하는 기기를 외적 및 내적요인을 면밀히 분석하여 안전장치의 일부 보안 또는 전면교체를 통해서라도 열차운행에 차질을 초래하는 일을 최



a. 직류전압변환기 b. 계전기 코일

그림 5. 낙뢰 발생으로 소손된 근접식 제어부

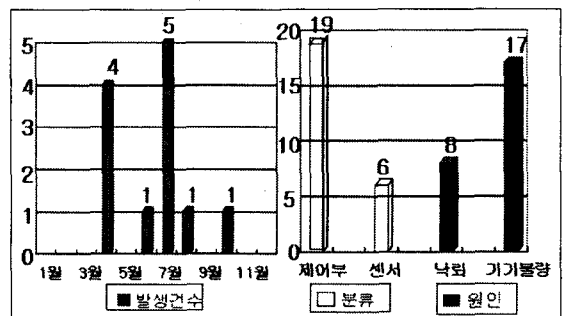


그림 6 근접식 밀착검지기 장애사태 분석 (2005년-성북)

소화 하는 필요성이 있겠다. 2005년도 성북 구내에서 발생한 선로전환기 장치 중 밀착검지기 장애발생건수는 그림 6과 같이 센서와 제어부 포함 설치수량 109개중 25건(22%)이 발생하였고 그중에 센서는 19건(17%), 제어부는 6건(5%)의 장애가 발생하였다. 낙뢰

및 이상전압에 의한 것이 8건(32%) 기기불량이 17건(68%)로 나타났다. 그리고 전자부품 장치가 노상에 항상 노출되어 있어 외부 온도변화 및 고온과 한냉의 영향을 직접 받음으로서 여름의 복사열과 한겨울의 급냉의 레일온도는 전자부품에 영향을 미칠 수 밖에 없다. 꾸준한 손상을 입었을 때 약간의 이상전압 발생 시 바로 장애로 이어질 수 있다. 특히 천둥번개 치는 계절적인 변화로 그림 5a와 같이 직류전환변환기부의 탄화현상과 그림 5b 출력부 계전기코일의 손상으로 2005년도에만 2회 발생하였다. 그림 7a는 직류전환 변환기부의 회로도로서 그림 7b의 레일과 접촉된 센서 케이블로 이상전압이 제어부에 유도 인입되어 전압상승으로 전자부품이 소손된 경우이다. [6]

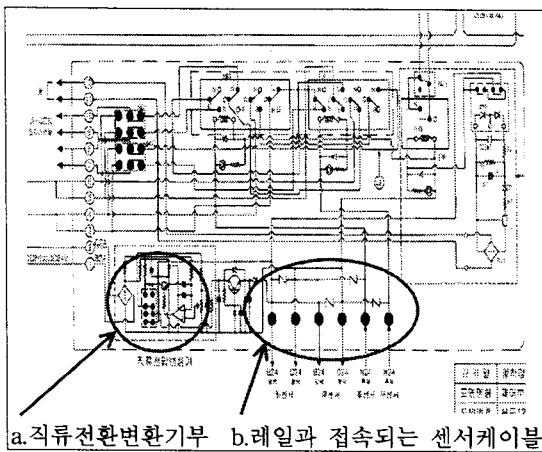


그림 7. 이상전압 침투경로

## 4. 기계식 밀착검지기 개발

### 4.1 신호 취급으로 본 선로전환기 동작과정

전기연동장치는 정거장 구내에서 안전하고 원활한 열차운전을 위하여 신호기, 선로 전환기, 궤도회로 등의 제어를 일정한 순서에 따라 전기적인 방법으로 상호 채정하는 장치이다. 열차 또는 차량의 안전과 능률적인 제어를 통하여 궤도회로를 이용하여 레일 위에 열차가 있는지를 검지하고 선로전환기를 전환하여 열차의 진로를 결정하고 폐색장치를 통하여 열차 간격을 안전하게 유지하며 신호기 장치를 통해 기관사에게 진행여부를 지시하여 열차의 운행을 안전하게 유지하는 설비이다. 신호취급 버튼의 동작으로 기계실의 계전기가 일련의 과정을 거쳐 전철제어(WR, 선로전환기전환명령)계전기가 정/반위 입력신호로 선로전환기가 동작을 하며 동작된 선로전환기가 동작완료로서 전철표시(KR, 선로전환기 위치표시)계

전기가 동작하여 기계실로 출력신호를 보냄으로서 선로전환기에 의한 현장제어 동작은 완료하게 된다. [4]

### 4.2 기계식 밀착검지기 개발

직격되 및 유도되로부터 밀착검지기 부품 소손으로 선로전환기 전환불능 방지와 노상에 설치되는 기기로 외부환경요인에 취약한 전자부품 사용의 최소화를 기본으로 하여 접속부를 줄이고 밀착검지부, 센서부를 하나로 통합하여 보호범위를 안정화 위한 개발을 목표로 한다. 밀착검지기 장애로 인한 열차지연 사고를 최소화하고 시스템 점검 및 보수화방안을 단순화한다.

그림 8은 제안한 기계식 밀착검지기 레일 취부도를 나타내고 있다. 텅레일이 가동하면서 그림 8a를

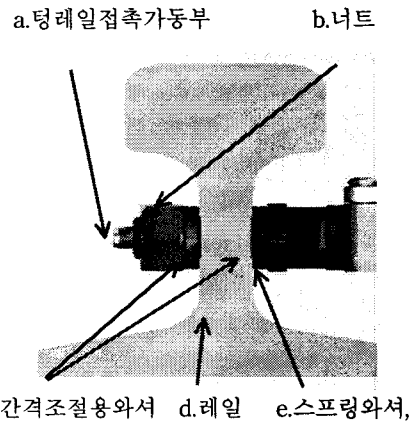


그림 8. 제안한 기계식 밀착검지기 레일취부

밀어서 접점을 도통시키며 그림 8b의 너트로 장치를 고정한다. 그림 8c는 평와셔로서 검지간격을 2mm 이내로 조정하게 되며 그림 8e의 스프링와셔로 풀림방지를 한다. 이 장치를 개발하면서 선로전환기 밀착불량으로 인한 열차탈선사고율을 줄이고 밀착검지 불량을 2mm이상 이격 시 밀착불량을 검지한다. 열악한 외부환경에 노출되어 직접적인 영향을 받음으로 여름의 고온과 겨울의 결빙으로 인한 오동작을 없애는데 역점을 두고 개발하게 되었다.

그림 9는 제안한 기계식 밀착검지기의 단면도를 나타내고 있다. 그림 9와 같이 방수 처리를 하고 설사 방수가 안 되어 내부 수분침투로 인한 동결시에도 오동작이 없도록 복원 스프링강도를 15Kg 이상으로 하며 재질을 SUS로 하여 부식 및 복원 불량을 해소하였다. 밀착 검지되는 접점은 그림 9a의 접점 회로와 같이 병렬 2중접점을 사용하여 접촉 불량을 해소함과 아울러 예기치 못한 유도전압 발생에도 영향이 없다

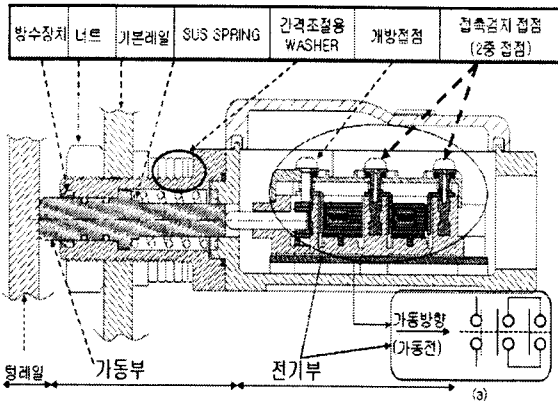


그림 9. 기계식 밀착검지기 단면도

록 하였다. 그림 9의 동작은 고정된 기본레일에 너트와 평와셔 스프링와셔의 조합으로 취부 고정되어 텅레일의 왕복운동으로 접촉과 이완이 반복동작하게 된다. SUS 스프링의 압축으로 전기부의 접점축을 압축시키며 밀착과 관련 중요한 접점은 병렬 2중으로 사용하였고 밀착이완 검지는 하나의 접점을 이용하여 왕복운동으로 검지하는 동작을 하게 된다.

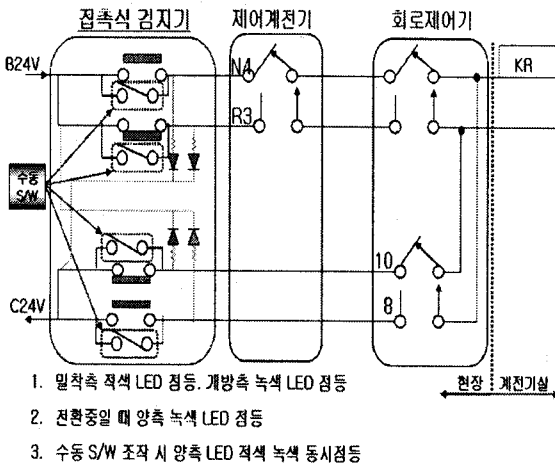
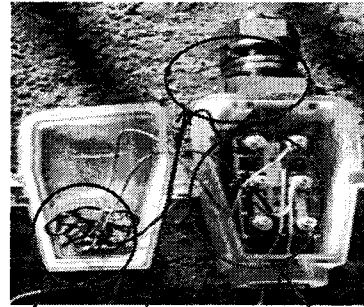


그림 10. 기계식 밀착검지기 회로도

그림 10은 기계식 밀착검지기 회로도를 나타내고 있다. 현장과 계전기실의 동작상태를 나타내며 회로제어기는 선로전환기 내부의 쇠정자 기계축에 의한 동작으로 이뤄지고 제어계전기는 WR(전철제어계전기)와 병렬로 동작되며 자기유지 유극계전기로서 직류전압 영역의 반복동작이 이뤄진다. 제어밀착이완의 반복동작은 B24(+)와 C24(-)가 교번으로 동작되며 제어계전기와 회로제어기 접점을 거쳐 최종적으로 유극 3위

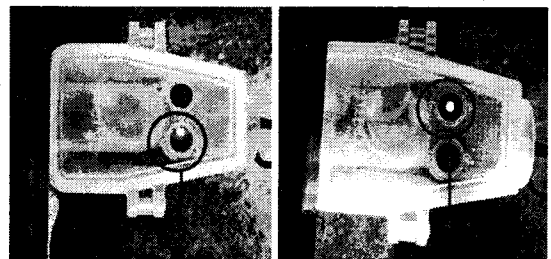
식 자기유지 계전기(KR)가 동작되며 이로써 현장측의 동작은 완료한다. KR(표시계전기) 접점으로 열차진로에 관계되는 신호현시의 동작이 이루어진다. 사용 중 기계식 밀착계전기가 동작불능 발생 시에는 그림 10과 같이 수동S/W 작동으로 응급처치가 가능하도록 하였다. 낙뢰 발생으로 기기손상이 발생 할 수 있는 것은 표시되는 LED 표시부분이 전부이고 이 부품이 소손되어도 밀착검지 불량과는 별개이며 기계식 밀착검지기 기기불량 시에도 불량 기기내부 수동S/W의 간단한 조작으로 응급복구가 가능하게 만들었다. 검지기는 표시상태 확인을 위한 LED 사용전원만 일부 사용한다. 그림 12와 같이 표시되는 부분도 밀착 시는 적색, 밀착이완은 녹색LED로 표시되게 했으며 비상복구위한 수동 취급조작을 하였을 때에는 적색, 녹색 LED 모두 점등되게 하였다.



a. 표시부, b. 레일취부, 가동부, c. 전기부

그림 11. 기계식 밀착검지기 시제품

그림 11은 기계식 밀착검지기 실험용 제작품으로서 11a는 적색, 녹색 표시부이고 11b는 레일에 취부되는 기계 가동부로서 스프링와셔와 평와셔로 구성되고 11c는 전기부로서 11b에 의한 동작이 11c로 전달되어 접점이 구성된다.



개방표시점등:적색 (a) 밀착표시점등:적색 (b)

그림 12. 검지기 연동시험 및 표시과정

그림 12는 레일에 취부하여 선로전환기 왕복운동으로 연동시험을 한 결과이다. 개방이 될 때에는 12a의 녹색등이 점등하며, 밀착시에는 12b의 적색등이 점등되어 원활히 동작하는 모습을 나타내고 있다.

#### 4.3 근접식/기계식 검지기 유지보수비 비교

근접식은 유지보수비용이 개당 제어부 36만원 센서부 28만원인데 평균가 32만원으로 하고 기계식은 내부 접점부 가격의 부품 비용이 4만원이다. 표 2에서와 같이 2005년 장애발생을 근거로 근접식 대신 기계식으로 대체했을 경우의 효과는 전체수량 중 10% 교체시 한국철도공사 평균 시간당 임금 28,600원/인(2인1조)을 적용하고, 교체시간을 1시간으로 적용하면 근접식은 약 2억 4천 8백만원이 소요되고 기계식은 약 6천 3백여만원의 비용이 발생하여 유지보수비용절감액은 연간 약 1억 8천만원이 됨을 알 수 있다.

표 2. 근접식/기계식 검지기 유지보수비 비교

(단위 : 원)

	설치수량 (EA)	교체율 (%)	교체비	인건비	유지 보수비
근접식	7,138	10	320,000	28,600	248,551,800
기계식	7,138	10	40,000	28,600	63,171,800
유지보수비 절감액					185,380,000

## 5. 결론

본 연구는 선로전환기의 열차 진행의 탈선사고와 직결되는 텅레일 밀착간격을 면밀히 검지하는 장치로서 열차 안전에 가장 중요한 설비이며 밀착불량으로 인한 열차지연 및 탈선사고를 미연에 방지하는 데 목적이 있으며 낙뢰 및 이상전압의 장애발생으로 신호취급의 오류와 열차지연을 방지하는데 도움이 될 것이다. 전자부품을 최소로 사용하고 표시되는 부분만 부득이 저항자와 LED 각 한 개씩을 사용한다. 일상적인 간단한 순회점검 만으로도 기기상태의 표시가 표출되어 있어서 육안점검이 용이하고 장애발생 시 장애시간을 최소화 할 수 있다. 간단한 기기이면서 정밀하게 조정과 검지가 가능하고 장치를 단순화함으로써 작업능률이 더 효율적으로 될 수 있다. 내부 장치 기기의 열화발생 우려 또한 내부 탄성부분을 stain-less 재질로 제작하여 이로 인한 장애발생이 나타나지 않고 장기간 사용이 가능하여 유지보수 비용이 현저히 줄어들 수 있어서 정시간 열차의 착발이 이루어질

수 있을 것이라 예상된다. 향후 수년간 설치 사용하여 낙뢰 및 부품소손의 발생유무를 확인 검증해 나갈 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 김영태 “신호제어시스템”, 태크미디어, 2004년
- [2] 송광수 “철도신호문제연구”, 태크미디어, 2005년
- [3] 한국철도공사 “2006년 신호업무자료”, 제22호, 2006년
- [4] 철도청 “철도 설계 편람 1.Ⅱ”, 2004년
- [5] (주)삼표ENC, SAMPYO KRT, “Paulve Point Dedector Manual”
- [6] 한국철도공사업무포털 >지식제안 >업무지식
- [7] (주) 세화 홈페이지 “www.sehwa.biz.”
- [8] 철도청 “신호설비 보수매뉴얼”, 2004년