

저전력 및 설비간략화를 위한 선로전환기용 용설장치 설계

(Design of Improved Switch Point Heating System for Low Power and Simplified Equipment)

장동완* · 전태현**

(Dongwan Jang · Taehyun Jeon)

Abstract

The turnout point system is installed to separate the main rail track from other tracks in rail load stations. It is also important to set up the switch point system to change the direction of the turnout point, to lead and change the direction of tracks. The switch point system can be negatively affected by heavy snow during winter seasons which can cause critical safety problems. Furthermore, the maintenance and repair of the conventional system is prohibitively expensive due to its complexity and high probability of failure. In this paper, an efficient switch point system is proposed which simplifies the equipment structure and lowers the cost for maintenance and repair, while improving safety and performance of the rail road system.

Key Words : Point Heating System, Switch Point, Energy Save Design

1. 서 론

21세기에 이르러 산업화와 함께 긴밀하게 발전하고 있는 우리나라의 철도산업은 올해로써 113년이라는 시간이 흘러왔다. 1899년 노량진~제물포간을 연결하

여 처음 이 땅에 기차가 다니기 시작하였고 지금은 300Km/h의 속도로 달리는 KTX가 우리나라의 국토를 달리고 있다. 그 만큼 모든 시설물이 기계에서 전기로, 전기에서 전자로 비약적인 발전이 이루어졌고, 속도가 빨라진 만큼 안전성 확보를 위한 보완설비들도 많이 등장하게 되었다. 특히 선로전환기의 경우 열차탈선 및 추돌, 충돌 등 엄청난 대형사고의 위험이 있어 밀착검지기, 유도방지간, 용설장치 등 다양한 장치들이 설치되었다[1]. 겨울철 선로전환기의 정확한 동작에 외부환경적인 영향으로 인한 장애 및 사고가 발생하는 것을 막기 위하여 눈을 녹여주는 용설장치를 사용하게 된다. 용설장치는 눈으로 인한 텅레일 밀착 불량을 해결하여 열차의 탈선을 방지하는데 꼭 필요한 설비이다. 용설장치의 경우 많은 센서와 전자적인

* 주저자 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사과정
** 교신저자 : 서울과학기술대학교 전기정보시스템공학과
* Main author : Seoul National University of Science and Technology
** Corresponding author : Seoul National University of Science and Technology
Tel : 02-970-6409, Fax : 02-970-6409
E-mail : thjeon@seoultech.ac.kr
접수일자 : 2012년 10월 23일
1차심사 : 2012년 10월 25일
심사완료 : 2012년 11월 29일

부품들로 이루어져 유도전압 발생 시 전자부품의 소손으로 정상적인 동작을 할 수 없게 된다. 또한 히터의 전력량이 높아 별도의 분전함을 설치해야 하고 그에 따른 부수적인 여러 가지 고가(高價)장비들로 이루어져 있어 본선에서만 사용하고 있다. 본 연구는 이와 같은 현재 사용하는 용설장치를 개선하여 온도를 보상하는 한편 전력용량을 감소하고 설비를 간략하게 함으로서 유지보수의 효율화, 비용절감 등 철도발전에 도움이 되고자 이 장치를 개발하게 되었다.

열차정시운행에 대한 국민적인 요구수준이 높아지고, 겨울철의 잦은 폭설에 의한 분기기 제설작업의 효과를 높이기 위해 분기기 용설장치의 설치가 계속 늘어날 예정이지만, 기존 용설장치는 전용의 설비를 사용하므로 시설비가 고가이며, 용설장치의 가동에 많은 전력을 소모한다. 따라서 저전력으로 가동이 가능하고 설치비가 저렴한 분기기 용설장치를 개발하여 직접 현장에 설치 운영함으로써 기존 용설장치와의 효과를 그대로 보유하고 저전력으로 사용할 수 있는 효율적인 용설장치를 구축하고자 한다.

2. 선로전환기용 용설장치 개요

용설장치란 동절기 강설이나 기온저하로 분기기의 기본레일과 텅레일 사이에 적설 또는 결빙으로 인한 분기기의 전환 불능 등의 장애를 방지하기 위한 장치이다. 용설장치는 기본적으로 $-40\sim+70^{\circ}\text{C}$ 에 작동 되도록 설계되어 있으며, 레일온도와 대기 온도를 검지하여 자동제어가 가능한 마이크로 콘트롤러(제어기)를 갖추고 있다.

2.1 선로전환기 및 용설장치의 필요성

분기기의 구분을 보면 그림 1과 같다. 분기기(分岐器, Turnout)란 궤도상에서 열차 또는 차량을 한 궤도에서 다른 궤도로 전이시키기 위하여 궤도에 설치한 장치로써 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 분기장치의 핵

심이라고 할 수 있는 동시에 최대 취약부이기도 하다[2].

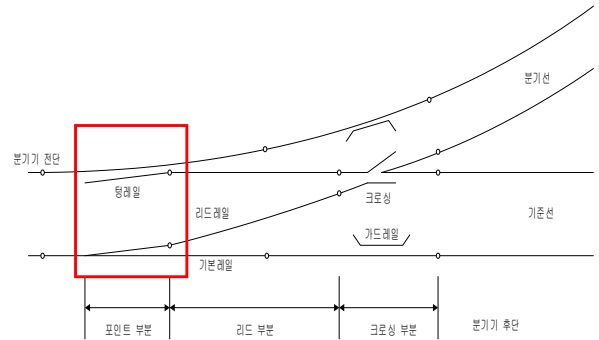


그림 1. 분기기 각부의 명칭
Fig. 1. PART NAME FOR TURNOUT POINT

선로전환기는 취급버튼, 제어계전기, 모터, 베어링, 콘덴서, 클러치, 감속기어장치, 전환쇄정장치, 회로제어기 및 표시회로 등으로 구성된다[3]. 2000년부터 2010년까지 최근 10년간의 장애현황을 살펴보면 선로전환기 장애가 119건으로 전체 신호장치 장애의 27%를 차지하고 있다. 특히 선로전환기는 전기에너지를 기계에너지로 전환하여 선로를 전환하는 장치로 전기적인 요소뿐만 아니라 기계적인 요소들이 복합적으로 존재하고 있어 장애발생의 우려가 높고 열차의 진로와 직접적으로 관계가 있는 시설물로 안전을 가장 우선적으로 고려해야 하는 장치이다[4]. 특히 눈으로 인하여 밀착이 약해져 사고발생이 일어날 수 있어 눈을 녹일 수 있는 장치가 필요하게 되었다. 예전 인력으로 눈을 제거하던 것을 인력낭비 및 효율적인 업무를 위해서도 용설장치는 꼭 필요한 장치이다.

2.2 기존 용설장치의 구성 및 동작

용설장치는 제작사별로 조금은 다르나 대부분 운전취급실 실내 제어반, 현장전원공급 및 제어를 위한 분전함, 개별용설장치 제어를 위한 현장제어함, 용설용 레일히터, 레일온도센서, 대기온도센서, 텅레일 위치센서, 눈검지센서, 감시용PC, 휴대용제어기 등으로 구성된다[5].

용설장치의 레일히터를 가열할 때 분기부 텅레일과 기본레일 사이에 설치되어 있고, 양쪽 모두의 히터를 가열하는 방식이 대부분이다. 제조사에 따라 눈검지 센서가 없는 경우도 있고, LED와 광센서로 구성된 눈검지 센서를 사용하는 경우도 있다. LED에서 나오는 빛이 광센서에 도달하지 못하면, 눈이 내린 것으로 판단한다. 레일히터는 길이 4.5m, 소비전력 2.5kW, 정격전압 220V이며, 온도센서는 전류소모량 15mA, 동작전압 4.7~7V이다.

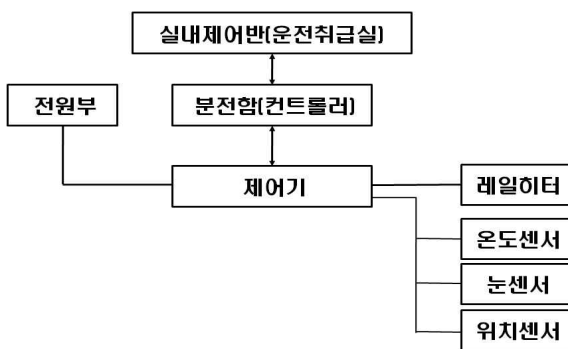


그림 2. 시스템 구성 및 동작계통도
Fig. 2. SYSTEM CONFIGURATION AND OPERATION BLOCK DIAGRAM

2.3 기존 용설장치의 문제점

그림 2에서 보듯 기존 용설장치의 경우 별도의 분전함이 설치되어 있고, 침단부 양쪽의 레일히터를 동시에 가열하는 방식의 경우 많은 전력이 필요하며, LED 식으로 동작하는 눈검지 센서를 분기부 침단부 텅레일과 기본레일 사이에 설치하므로 눈센서에 이물질이 생길 경우 눈이 온 것으로 판단 오동작을 하거나, 물이나 먼지에 취약하여 쉽게 고장이 발생하고 거의 사용할 수 없다. 현재 의정부역 용설장치 18대가 설치되어 있으나, 2011년 장애 3건(온도센서 2건, 히터 1건), 2012년 7건(히터 5건, 제어기 2건) 장애가 발생하였으며, 현재 18대 모두 눈센서 동작이 정지되어 있다.

3. 개선된 용설장치 설계

개선된 용설장치의 경우 그림 3과 같이 기존 용설장

치에 있는 분전함을 별도로 설치하지 않고, 실내제어반, 제어기 등의 설비를 전자식에서 전기식으로 간략화 하였으며, 분기기 용설장치를 저전력으로 구동이 가능하도록 하여 설치비와 운용비를 줄이고, 실제로 눈이 내렸을때만 용설장치를 가동하여 눈이 내리지 않을 경우 용설장치를 가동하여 발생하는 전력의 낭비를 예방하고자 한다. 새롭게 개발하는 용설장치는 실내조작부, 전원부, 눈검지부, 제어부의 4부분으로 나뉘며, 전원부와 눈검지부는 같은 합체내에 시설하여 유지보수의 편리성을 제고하였으며, 기존 용설장치의 경우 분전함을 별도로 설치하였으나, 개발한 용설장치는 유지보수 작업전원을 사용하여 분전함 설치 비용을 줄였으며, LED식으로 사용하던 눈검지센서를 정전용량형 근접센서로 변경하고 검지면을 합체 윗부분에 노출시켜 눈이 내릴 경우 이를 검지할 수 있도록 하였다.

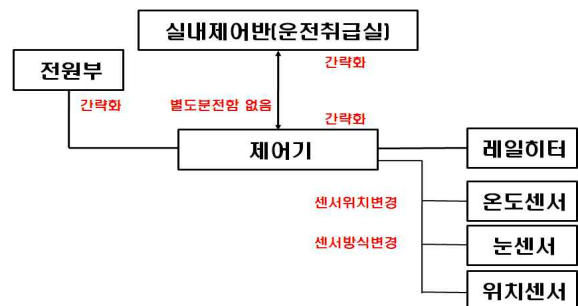


그림 3. 개선된 시스템 구성 및 동작계통도
Fig. 3. IMPROVED SYSTEM CONFIGURATION AND OPERATION BLOCK DIAGRAM

3.1 실내조작부

용설장치를 켜거나 끄고 제어방법을 선택할 수 있도록 그림4와 같이 설계하였다. 제어방법은 용설장치를 수동, 예약, 눈센서에 의한 자동방법으로 나누었다. 수동은 운영자가 직접 스위치에 의해 동작할 수 있도록 하였으며, 예약의 경우 타이머 의해 시간을 설정, 설정 시간만 동작하도록 하였으며, 자동의 경우 현장에 있는 눈검지센서에 의해 눈이 내릴 경우 바로 동작할 수 있도록 구성하였다. 그림 5는 실제 제작한 실내조작부 사진이다.

저전력 및 설비간략화를 위한 선로전환기용 용설장치 설계

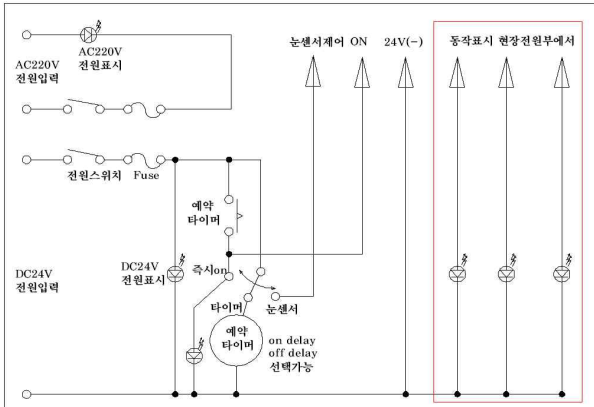


그림 4. 실내 조작부 도면
Fig. 4. DESIGN FOR INDOOR CONTROL PANEL



그림 5. 실내조작부
Fig. 5. INDOOR CONTROL PANEL

3.2 전원부 및 눈 검지부

전원부와 눈검지부는 그림 6과 같이 설계하였다. 실내조작부에서 선택한 제어에 따라 제어부의 AC전원을 공급할 수 있으며, 기존 용설장치처럼 별도의 분전함을 제작하지 않고 기존전원을 사용하여 제작하였다. 또한 눈검지부는 정전용량형 근접센서를 이용하여 눈이 내려 쌓일 경우 이를 검지하여 전원부의 전원을 제어한다. 정전용량형 근접센서의 감도를 조정하여 용설장치를 켜기 위한 눈의 적설량을 필요에 따라 설정할 수 있다. 조작부의 전원을 켜면 [SN]계전기가 여자하여 눈검지센서(정전용량형 센서)에 전원이 가해지고 눈이 내려 눈검지센서에 설정값 이상의 눈이 쌓이면 출력이 나가 [눈검지타이머]에 전원이 가해지고 설

정한 시간이 지나도록 계속 눈이 검지될 경우 타이머가 동작하여 [RC]계전기가 여자하여 [main MC]가 여자하게 된다. 그러면 용설장치 제어부로 전원이 공급된다. 그림 7은 실제 제작한 전원부 사진이다.

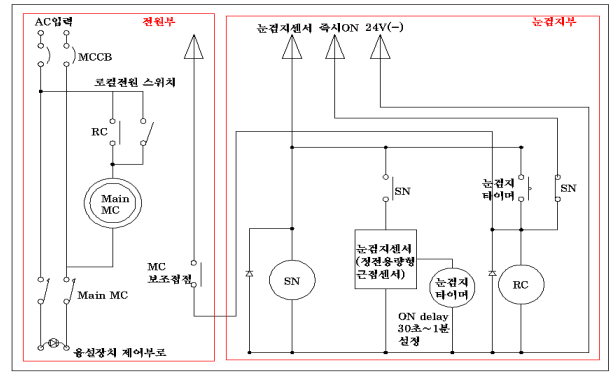


그림 6. 전원부 및 눈센서부 도면
Fig. 6. DESIGN FOR SNOW SENSOR AND POWER SUPPLY



그림 7. 전원부
Fig. 7. POWER SUPPLY PART

3.3 제어기

제어부는 그림 8과 같이 설계하였다. 정반위 센서는 일반적인 근접센서를 사용하여 선로전환기의 방향을 검지한다. 그 출력으로 [정반위R]계전기를 동작시킨다. 분기기 용설장치를 설치할 때 온도센서와 레일히터, 정반위 센서의 방향을 일치시켜야 한다. 온도조절기는 각 침단부 좌, 우에 설치된 레일의 온도를 온도센서에 의해 각각 측정하고 설정한 온도값에 따라 온도조절기의 [a]접점으로 출력을 내보낸다. 즉 온도조절

기는 선로전환기의 방향과 상관없이 해당 레일의 온도를 측정하여 설정값에 따라 동작을 하고 그에 따라 [HL], [HR]계전기를 동작시킨다. 만약 [정반위 센서]가 동작하여 출력이 나오면[정반위R]계전기가 여자한다. 온도조절기의 설정값보다 레일의 측정온도가 좌우측 모두 낮다고 가정하면 [HL], [HR]모두 여자한다.

[HR]여자접점과 [정반위R]여자접점을 통하여 [MC-R]이 여자된다. [HL]이 여자하여도 [HR], [정반위R]의 여자접점에 의해 [MC-L]은 여자하지 못한다. 이때 우측 레일히터가 가열되어 우측 레일의 온도가 설정값까지 올라가면 우측 온도조절기의 출력접점이 낙하하여 [HR]계전기가 낙하하게 된다. 그러면 [HL] 여자접점과 [HR]여자접점에 의해 [MC-L]이 마그네틱 스위치가 동작하여 좌측 레일히터를 가열하게 된다. 사전 예비가열을 통해 전환 시 신속하게 히팅할 수 있도록 구성한 것이다. 선로전환기가 동작하여 [정반위 센서]의 출력이 나오지 않으면 [정반위R]계전기가 낙하하고 위의 방식과 같이 [MC-L]이 우선적으로 동작하게 된다. 즉 기본레일과 텅레일이 열려있는 곳을 항상 우선적으로 가열하고 이곳의 온도가 설정값까지 가열될 경우에 나머지 다른 곳의 레일을 가열하므로 항상 한쪽의 레일히터만 동작하게 되어, 용설장치를 구동하는데 필요한 전력이 다른 용설장치의 50%수준으로 낮출 수 있다. 그림 9는 실제 현장에 설치된 제어부의 모습이다.

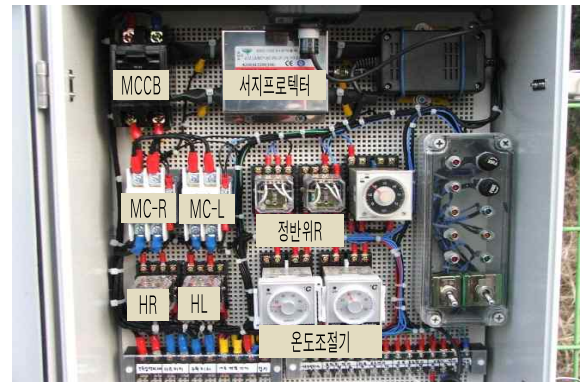


그림 9. 제어기
Fig. 9. CONTROLLER

4. 실험결과

새롭게 개발한 용설장치는 현재 동두천역 51A/B호 설치 운용하고 있다. 기존에 용설장치가 가지고 있는 모든 기능을 그대로 유지한 채, 고가의 설치비를 저렴하게 하였으며, 저전력으로 운용이 가능한 장점을 가지고 있다. 또한 눈센서를 기존 LED센서에서 정전용량형으로 개선하고 타이머 조합으로 오동작을 최소화 하였으며, 효율적인 면도 높였다.

표 1. 기존 시스템과 제안된 시스템의 비교
Table 1. COMPARISON OF CONVENTIONAL AND PROPOSED

구분	기존용설장치	개선된 용설장치
제어 방식	<ul style="list-style-type: none"> 타이머제어 : 타이머로 ON/OFF시간 설정 온도제어 : 분기기 양쪽을 동시에 가열하므로 전력소모가 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 텅레일과 기본레일이 개발된 곳을 검지하여 설정 온도까지 우선제어 및 밀착된 곳을 예비가열 눈검지센서 개선으로 실제 눈이 내릴 경우에만 가열
센서 종류	<ul style="list-style-type: none"> 온도센서 : TMP03 눈센서 : LED방식 	<ul style="list-style-type: none"> 온도센서 : TP100 눈센서 : 정전용량형
재료비	· 개소당 500만원	· 개소당 34만원
소모 전력	<ul style="list-style-type: none"> · 개소당 8kW (히터 한 개당 400W/m² × 5m=2kW 분기당 2kW×4개=8kW) 	<ul style="list-style-type: none"> · 개소당 2.5kW (히터 한 개당 500W/m² × 5m=2.5kW 분기당 2KW×1개=2.5kW)

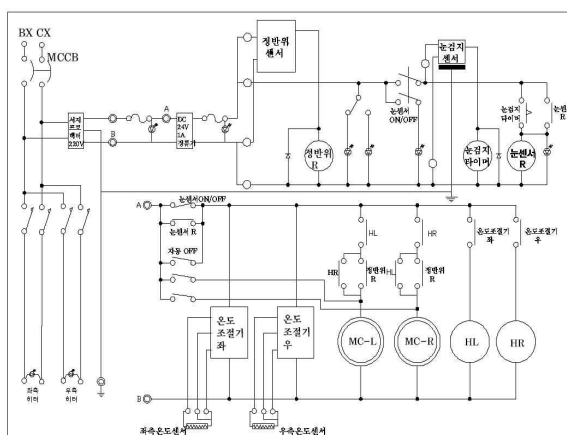


그림 8. 제어기 도면
Fig. 8. DESIGN FOR CONTROLLER

현재 융설장치 제작회사에 만들고 있는 설비를 보면 온도센서가 없거나, 있어도 제대로 된 동작과 역할이 없다. 이번에 개발한 융설장치의 경우 온도센서(PT 100)를 부착하여 효율적인 전력사용과 최상의 동작상태를 구축하였다. 또한 레일의 포인트별 측정을 통해 온도센서위치의 최적의 장소를 선정하여 설치하였다. 그림 10은 레일의 포인트별 위치를 나타내며, 그림11은 측정결과를 나타낸 것이다(세로 : 온도, 가로 : 시간).

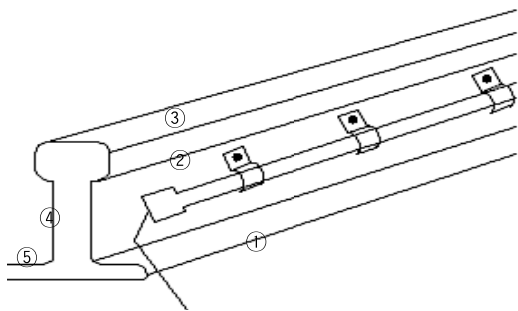


그림 10. 레일온도 측정위치
Fig. 10. MEASUREMENT POINTS FOR RAIL TEMPERATURE



그림 11. 히터 및 온도센서 사진
Fig. 11. TEMPERATURE SENSOR AND HEATER

측정한 기본레일은 텅레일과 맞닿는 부분으로 측정 결과 5분 경과 후 측정포인트 ④번에서 15°C(외부온도 0°C)일 때 눈이 격렬하게 녹았다. 결과적으로 이 시스템에서 부착한 온도센서를 측정포인트 ④번 위치에 부착하고 15°C 이상일 때 자동모드 운용 시 전원을 차단하도록 온도값을 설정하였다. 그림 11은 실제 온도센서를 ④번 위치에 부착한 사진이다.

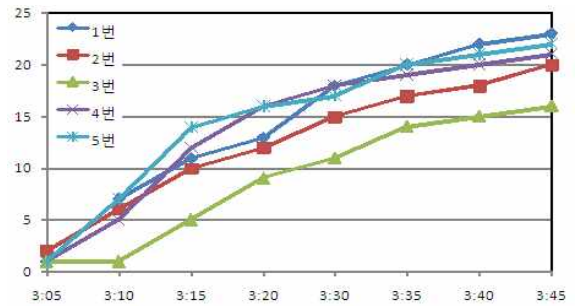


그림 12. 기존 융설장치 히터 측정시간별 온도변화량
Fig. 12. THE TEMPERATURE CHANGE OF EXISTING SWITCH POINT HEATING SYSTEM AT EACH MEASURING HOUR

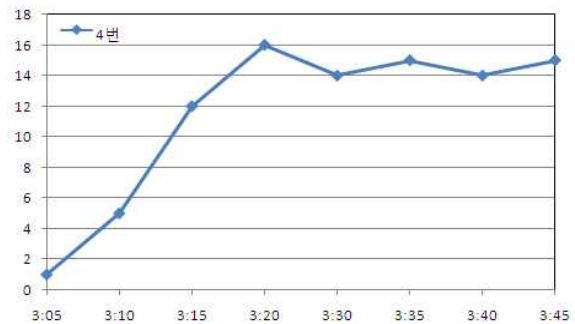


그림 13. 개선된 융설장치 히터 측정시간별 온도변화량
Fig. 13. MEASUREMENT RESULT CONVENTIONAL SYSTEM

그림 13는 개선된 융설장치 히터의 시간대별 온도변화량으로 15°C를 기준으로 동작이 되는 것을 볼수 있다. 실제로 동두천역 51A/B호에 설치하여 운영중이며 설비의 간략화와 최적화 된 센서사용과 위치선정을 통해 효율적인 융설장치를 제작하게 되었다.



그림 14. 실제 설치된 융설장치
Fig. 14. INSTALLED HEATING CONTROL SYSTEM

그림 14는 2012년 2월 1일 동두천역 내 눈이 내렸을 당시 용설장치의 정상적인 동작으로 눈이 녹은 모습이며, 이로 인해 열차 정시운행에 기여하였다.

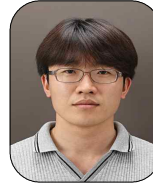
5. 결 론

본 연구에서는 겨울철 선로전환기 사고 및 장애 방지에 도움이 되는 용설장치 개선에 초점을 맞추었다. 기존 용설장치의 높은 전력용량 및 고가의 가격 등 개선하여 설비를 간단히 함으로써 설치비 절감 및 저전력 운용이 가능한 효과를 얻게 되었다. 기존 전력용량의 절반 이하로 용량을 낮추고 특히 가장 중요한 것은 고가의 장비를 보다 저렴하게 현장에 설치할 수 있다는 장점이다. 주요본선에만 설치되어 있는 용설장치를 더 많은 곳에 간략하고 저렴하며 편리하게 설치할 수 있게 되었다. 본 연구를 통해 개선된 선로전환기 용설장치가 더 많은 곳에 설치되어 철도안전에 기여할 것으로 사료된다.

References

- [1] Young-Tae Kim, "Signalling Control System", Tech Media, pp. 105~110, 2004.
- [2] Jea-hyun Ryo, Myoung-Ho Shin, "The Development of mechanical sensing device of railway point", KIEE, pp. 50~57, 2008.1.
- [3] In-Hyun Lee, Dae-Hyun Kim, Min-ho Kim, Jung-Wook Seo, Du-Il Kim, Ho-Hung Jung, "A Study of the Existing State of Preventive Maintenance and the Improvement Measures for a Point Machine", Conference of The Korean Society For Railway, pp. 1188~1194, 2008.11.
- [4] Kwang-Kiun Yoo, Sung-Chan Rho, "A Study on Safety Modeling to Prevent Train Accident by Turn-out Failure", Conference of The Korean Society For Railway, pp. 723~730, 2011.10.
- [5] Abyz corporation, "Heating system manual", pp. 13~14, 2003.1.

◇ 저자소개 ◇



장동완 (張東完)

1980년 6월 22일생. 2007년 서울산업대학교 전자정보공학과 졸업. 2010년 서울산업대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2011년~현재 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사과정. 2001년~현재 한국철도공사 수도권동부본부 근무.



전태현 (田太賢)

1967년 1월 31일생. 1989년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1993년 Minnesota 대학교 대학원 졸업(석사). 1997년 Minnesota 대학교 대학원 졸업(박사). 1998년 Motorola 연구원. 2001년 Texas Instruments 연구원. 2005년 한국전자통신

연구원(ETRI) 선임연구원. 현재 서울과학기술대학교 전기정보시스템공학과 교수.

Tel : (02)970-6409

Fax : (02)970-6409

E-mail : thjeon@seoultech.ac.kr