

## 해빙 시스템을 이용한 전차선 온도 특성에 관한 연구

박영, 권상영, 정호성, 박현준, 조용현, 김주락, 안병립\*, 원우식\*, 이주\*\*  
 한국철도기술연구원, \*삼성시엔엠시스템, \*\*한양대학교

### Temperature Analysis of Overhead Contact Line Using De-icing System

Young Park, Samyoung Kwon, Hosung Jung, Hyunjun Park, Young Hyeon Cho, Joorak Kim, Byeong Lib Ahn\*, Woo Sik Won\*, Ju Lee\*\*  
 KRRI, Samjung C & M System Co, Ltd\*, Hanyang Univ.\*\*

**Abstract :** In the cold and temperate regions of Korea the icing and ice coats on 25 kV overhead contact wire during winter is a very serious problem. This generates shocks at the mechanical interface of the collecting strips of the pantograph and the contact wire and extra electrical resistance, which may affect quality of current collection at the contact wire / collecting strips of pantograph interface. De-icing operations should be performed just before train operation to avoid the formation of another ice layer. This paper presents temperature analysis of the de-icing system which could be applied to the overhead contact wire of railways.

**Key Words :** De-icing, Contact wire, railway

#### 1. 서 론

기존선 전철화 구간의 전기차 운행에 있어서 동절기 가공 전차선에 서리 및 결빙으로 인해 아크가 다수 발생하고 차량 운행에 지장이 초래될 수 있음에 따라, 전차선 해빙(De-icing) 시스템을 개발하여 이러한 안전사고를 미연에 방지 하는 것이 필요하다.[1] 특히 전차선의 결빙 혹은 서리로 인해 강한 충격으로 인한 팬터그래프 접촉 스트립 파손, 전류 집전질을 낮추고 팬터그래프 헤드와 전차선 간의 아크를 생성한다.[1] 본 논문에서는 전차선 해빙시스템 구성에 따른 해빙효과를 전류량, 풍속, 전차선의 선종, 대기온도에 따라 전차선의 온도 상승 효과를 시뮬레이션 하였으며[2] 해빙효과에 대하여 검토 하였다. 또한 실제적인 해빙효과 성능평가를 위한 현장시험 시 전차선의 시간에 따른 온도변화를 측정하여 이를 분석하였다.

#### 2. 실험

일반적인 해빙루프를 그림 1에 나타내었다. 해빙시스템의 기본 원리는 전차선이 0℃에 가까이 있고, 서리가 발생되었을 때 해빙시스템에의 하여 전차선에 전류를 흘리고 줄열에 의하여 온도를 높여 녹이는 것이다. 보통 0℃

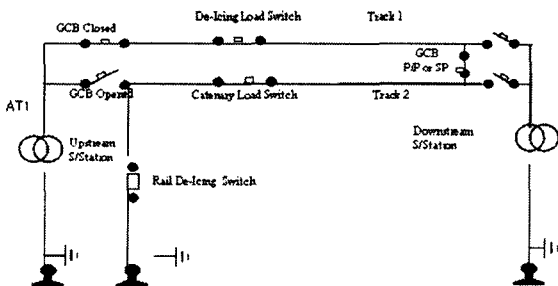


그림 1. 해빙루프의 원리[1]

에 가까운 온도에서 전차선을 덮는 서리를 녹이는데 약 15분 이내의 시간이 필요한 것으로 알려져 있다. 표1에 해빙시스템을 이용한 전차선 온도측정에 이용한 시험 장비를 나타내었다. 전차선의 온도는 주위온도, 습도, 풍속, 해빙 전류량, 해빙 시간에 따라 틀려지고 특히 전류가 전차선에 흐르므로 접촉식 온도계로는 측정 할 수가 없다. 이를 위하여 적외선 열화상카메라를 이용하여 전차선의 온도를 실시간으로 측정하였으며 전차선 (Cu110)의 온도 시뮬레이션은 도체의 열평형 방정식을 이용하여 계산 하였다. 해빙시스템 구성 후 시험절차는 다음과 같다. (1) 변전소의 모든 AT의 1차측 차단기(GCB) 및 AT №4를 제외한 모든 AT 단로기(DS)가 개방되어 있음을 확인한다. (2) 모든 AT는 급전회로에서 분리한다(단로기(DS) 개방). (3) 해빙 루프 구성을 위한 회로 결선(변경)을 시행한다.(4) SP Tie CB를 투입한다. (5) SP Tie CB를 투입한다. (6) AT №4의 1차측 GCB 차단기를 투입한다(AT №4 가압). (7) 측정하고 기록 또는 저장한다.

표 1 . 해빙시스템 온도측정을 위한 시험 장비

장비명	주요 사양	용도
온도계	-20 ~ 40 ℃ 정밀도 : 0.2 ℃	시험 지점의 주위 온도 측정
습도계(RH)	0~100% ·정밀도:1.0 %	시험 지점의 주위 상대 습도 측정
풍향계	0~5 m/s ·정밀도 : 0.2 m/s	시험 지점의 주위 바람의 세기 측정
적외선 열화상 카메라	TH9100(NEC San-ei) 측정 정도 : ±2 % 화상 Data 화소수: 320(H)× 240(V)	전차선 및 조가선 온도 측정, 저장 (비접촉식)
시계	타임 워치	히팅 시간 체크
전력분석기 및 노트북 컴퓨터	Reliable Power Meter	AT 입출력단, 해빙 루프 전압, 전류 측정, 저장

### 3. 결과 및 고찰

구성한 해빙시스템의 최종 결과는 전차선의 온도 측정에 있으나 해빙시스템 작동 시 전류의 량은 실시간으로 측정 하였으며, 그림 2는 해빙시스템 안정성 검토 및 해빙효과 검토를 위하여 구성된 것으로 그림과 같이 해빙루프는 해빙용 단로기를 이용하여 해빙루프를 구성하였다.

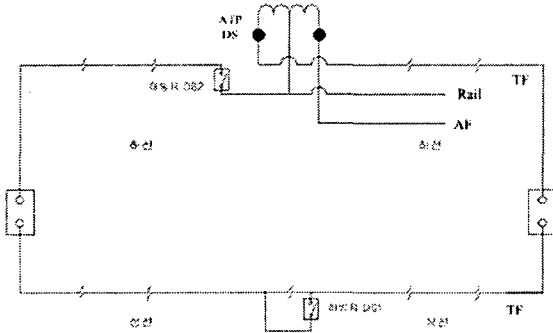


그림 2. 해빙루프 구성도

그림 3에 해빙시스템에 의한 전차선 온도변화 측정 화면을 나타내었다. 해빙효과를 알기위하여 전차선과 동일한 높이에 열화상 측정기를 설치하였으며, 온도의 보정은 시험시작전 대기의 온도와 전차선의 온도를 같다고 보고 그 온도변화를 측정하였다. 측정된 데이터는 그림 3에서 보는바와 같이 열화상 측정 프로그램 (Real-time image processing program, Mikron Infrared Inc.)를 이용하여 측정 데이터를 분석하였다.

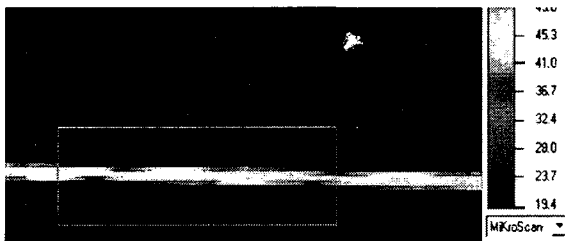


그림 3. 전차선 열화상 측정 화면

그림 4에 해빙시스템 동작 후 시간에 따른 전차선 온도 변화와 동일한 조건에서의 전차선 온도 모델링 결과를 나타내었다. 전차선의 온도는 실시간으로 입력된 데이터를 시간에 따라 나타낸 것이며, 전차선의 온도 모델링은 도체에서의 열평형과, 열평형 방정식으로부터 유추한 식을 이용하였다.[2] 식의 최종결과는 전차선의 한계 온도를 구하는 허용전류 식으로부터 유추하였다. [3] 전차선의 온도는 임의의 온도에 도달 후 한계이상의 열을 발생시키지 않으므로 한계점까지의 시험을 실시하여야 하지만 본 시험은 해빙시스템에 의한 온도변화의 추이와 서리 감지 시 약 10℃ 정도의 온도 상승으로 해빙효과가 나타나므로

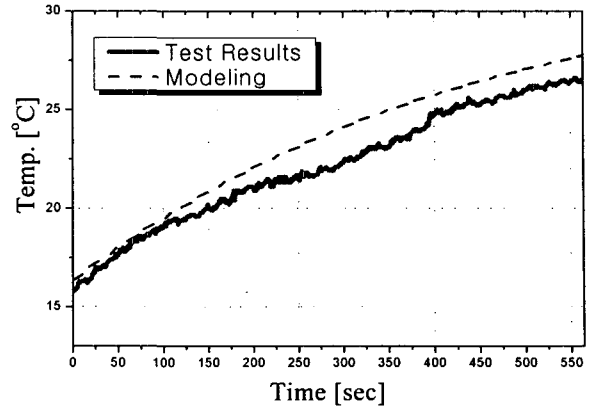


그림 4. 시간에 따른 전차선 온도변화

측정온도로부터 10℃의 상승 이후에 전류 공급을 중지하였다. 표 2는 해빙시스템 시험 시 외부 환경 요약표이다. 전차선의 온도변화는 주변의 환경에 민감하나 특히, 일사량, 풍속, 습도에 민감하게 좌우된다. 본시험의 특성상 일사량 전 시스템을 활성화 하게 되므로 일사량은 고려하지 않고 풍속, 습도, 주변온도만을 고려하였다.

표 2. 시험환경 요약 표

구분	시험전	시험전압 (27.5KV,650A)	변화량	비고
풍속(m/s)	0.40m/s	0.41m/s	0.01m/s	개활지
습도	49%	50%	1%	
전차선 온도	12.8℃	26.5℃	13.7℃	
대기 온도	13.5℃	12.5℃	1℃	

### 4. 결론

본 논문에서는 전차선 해빙시스템 구성에 따른 해빙효과를 분석하기 위하여 실선에서 해빙루프 구성 후 전차선의 온도변화를 측정하였다. 전차선의 온도는 열화상 측정기를 이용하였으며, 열평형 방정식으로부터 전차선의 온도를 모델링을 한 결과 실제적인 해빙효과와 성능평가가 이루어 질 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] 한국철도시설공단, “해빙시스템 교육자료” 한국철도시설공단. 2002.
- [2] 김주락, 권상영, 이기원, 창상훈, “시간 변수를 고려한 전차선로 허용전류 계산 기법 연구” 2001년도 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템 춘계학술대회 논문집, 2001.
- [2] (주)유신코퍼레이션, 경부선 천안~조치원간 전철, 전력설비 실시설계보고서,(주)유신코퍼레이션, 1999.6