

## 철도 차량용 고압 케이블 헤드의 건전성 진단에 대한 고찰

### A Study on the Integrity Diagnosis of High Voltage Cable Heads for Railway Vehicles

김 완\*, 권오엽\*, 박춘종\*, 김연준\*<sup>†</sup>, 공명상\*

Wan. Kim\*, Oh-yeob Kwon\*, Chun-jong Park\*, Yeon-Jun Kim\*<sup>†</sup>, Myong-Sang Kong\*

철도 차량용 고압 케이블의 사고 유형을 보면 초기 결함으로 제작 불량에 의한 초기 고장이 대부분이지만, 사용 기간 증가에 따른 접퍼 커넥터의 진동 및 열적인 스트레스에 의한 절연 파괴도 무시할 수 없다. 특히 철도차량의 경우에는 고속 운행에 따른 차량 진동과 절연 구간 통과 시 마다 고압 차단/투입에 따른 과도(서지) 전압이 발생되어 케이블 헤드에 절연 상태에 영향을 미칠 수 있다. 이와 같은 영향으로 케이블 헤드의 절연이 약화되어 절연 파괴가 발생되고 있다. 따라서 철도 차량에 적용되고 있는 고압 케이블 헤드의 건전성 검출 방안과 절차를 제안하고, 고속 열차에 적용된 고압 케이블 헤드에 적용하여 측정 결과를 제시하였다. 측정된 결과를 바탕으로 데이터를 분석하여 각 진단 항목에 대한 건전성 판단 기준을 제시하였다.

**주요어** : 고압케이블 헤드, 절연파괴, 건전성, 고압 케이블 열화

## 1. 서 론

철도차량에 적용된 고압케이블 헤드는 차량 사용 내구연한 동안에 문제없이 사용할 수 있어야 한다. 하지만 일부 차량의 진동 및 고압 투입/차단에 따른 과도 전압(서지)에 의해 절연이 약화되고, 이에 따라 절연 파괴가 되어 접지가 발생되고 있다. 이와 같은 절연 파괴가 일어나기 전에 케이블 헤드의 건전성을 사전에 검출 방안을 제안하고, 실제로 고속차량에 적용하여 측정된 결과를 서술하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 건전성 검출 방안

<sup>†</sup> 교신저자: 현대로템 레일솔루션연구소  
(kimyj0105@hyundai-rotem.co.kr)

\* 현대로템 레일솔루션연구소

#### 2.1.1 절연 저항 측정

일반적으로 고압케이블 헤드를 제작하고 내전압을 측정하기 전에 시행하는 단계가 절연저항 측정이다. 일정 시간이 지난 고압 케이블 헤드의 절연저항을 측정하고 절연 저항과 접촉저항 및 온도와 연관성을 조사하기 위해 기본적으로 시행했다.



5,000V 메가 측정기로 측정하여 절연 저항 값을 확인한다.

그림 1 절연저항 측정

#### 2.1.2 접촉 저항 및 온도 측정

온도 측정은 접촉 저항을 측정하면서 동시에 측정을 한다. 케이블 헤드의 온도 변화를 확인하기 위해서는 접촉저항 측정 장비를 이용하여 높은 전류를 케이블헤드에 흐르게 하여 접촉 저항이 높은 곳의 온도가

상승된 것을 확인하는 방법을 사용하였다.

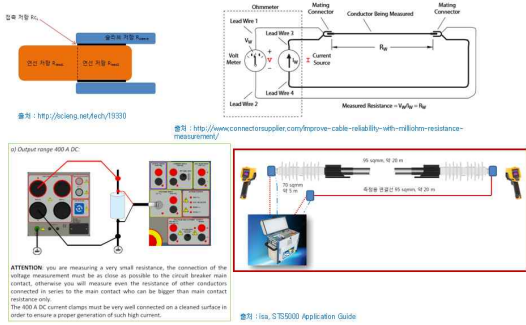


그림 2. 접촉저항 및 열화상 측정 방법

## 2.2 측정 결과

### 2.2.1 절연 저항 결과

현재 운행 중인 고속 열차에 대해서 측정된 절연저항 결과이며, 기준 값은 100GΩ 이상이다.

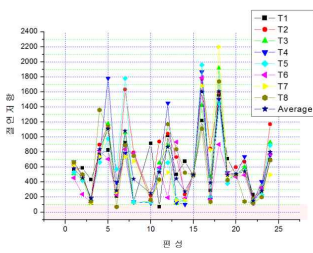


그림 3. 절연저항 측정값

측정 결과를 보면, 편성 별로 측정값에 차이가 있으며, 일부 제외하고는 기준치 이상임을 볼 수 있다.

### 2.2.2 접촉 저항 및 열화상 측정 결과

접촉 저항을 위해서는 전체 저항에 대한 기준이 필요하며, 기준은 고압케이블저항 값과 고압케이블 헤드 저항 값을 합하여 계산하였다. 또한 차량에 설치되어 있는

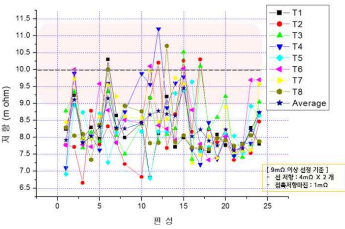


그림 4. 접촉저항 측정값

측정한 접촉저항 값을 보면 7.5mΩ에서

부터 10.5mΩ 안에 존재함을 볼 수 있다.

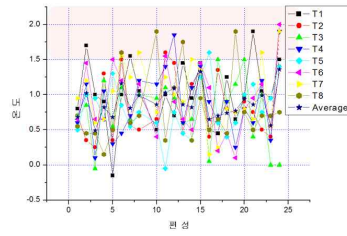


그림 5. 열화상 측정값

접촉 저항을 측정하면서 300A 전류를 2분간 통전 하여 온도 변화를 열화상으로 측정하였다.

고압케이블 헤드의 저항 값은 측정된 접촉 저항에서 케이블 저항, 편조선 저항, 계측용 기준 케이블 저항 값을 제외한 값을 2로 나누면 된다.

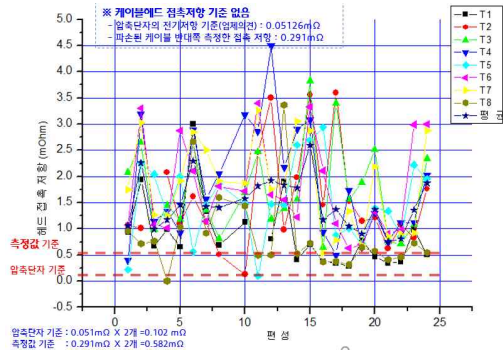


그림 6 케이블 헤드의 접촉 저항(측정값)

압축단자의 전기저항 기준(KSC2618)기준은 0.05126mΩ이며, 차량에 장착된 케이블 헤드의 저항 값은 0.291mΩ이었다.

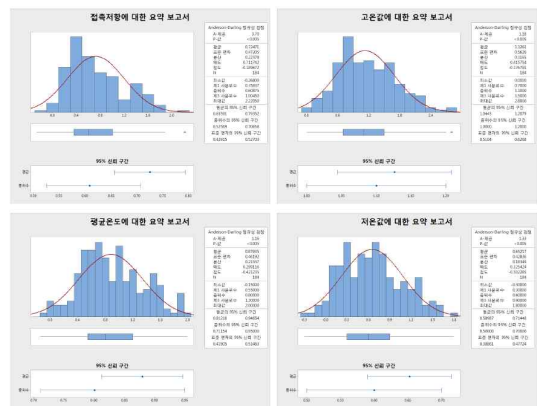


그림 7. 상관성 분석(Pearson)

### 2.2.3 접촉 저항과 온도의 상관성 분석

상관성 분석은 Pearson 상관 계수를 사용하였다(그림7. 참조). 비교 대상은 접촉 저항과 고온 값, 저온 값, 평균온도를 비교하였다. 접촉저항과 고온 값의 Pearson 상관 계수가 0.560으로 “상관성이 있다”고 판단이 된다.

## 3. 결론

운행 중인 고속 열차에 장착된 고압케이블 헤드에 대해서 측정 결과를 제시하였다. 또한 측정 결과를 바탕으로 고압 케이블 헤드의 접촉저항을 산출하고, 접촉저항과 고압 케이블 헤드 온도와 상관 분석을 하여 건전성을 확인하였다. 확인한 결과 접촉 저항이 전기기준(KSC2618)에 제시한 값보다 높게 측정되었으며, 접촉저항과 온도 값의 Pearson 상관 계수를 통해 확인한 결과 “상관성이 있다”고 판단되었다. 이 측정 결과를 바탕으로 상관성이 있다고 판단된 편성에 장착된 고압 케이블 헤드를 재 제작하여 장착한 사례가 있다.

## 참고문헌

- [1] "IEEE Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems In a Field Environment" IEEE Std 400.3, 2006.
- [2] “지중배전케이블 최적 열화진단기술 선정 및 운영방안에 관한 연구”, 한국전력공사 전력연구원 보고서, pp.190~192, 2009
- [3] "22.9kV 케이블 모의 결함 부분방전 측정“, 2013년 대한전기학회 하계학술대회.
- [4] “KEPCO의 지중배전케이블 열화진단기술 적용 방향”, 대한전기학회 전기저널, 2012.7, pp65-71
- [5] "배전용 지중케이블 고장유형분석 및 진단적 출사례“, 한국신뢰성학회 학술대회논문집, 2014.5, pp211-218.