

열화상카메라와 온도센서를 이용한 KTX 객차 배전반 온도 측정 Temperature Measurement on the Switchboard of KTX Passenger car using a temperature sensor and a thermal imaging camera

소진섭^{*†}, 김대식^{*}, 김진우^{*}, 이성준^{*}, 김주원^{*}, 정형일^{*}, 김용한^{*}, 이대욱^{**}

Jin-Sub So^{*†}, Dae-Sik Kim^{*}, Jin-Woo Kim^{*}, Ju-Won Kim^{*}, Seoung-Jun Lee^{*}, Hyeong Il Jeong^{*},

Yong-Han Kim^{*}, Dae-Uk Lee^{**}

Abstract Recently, studies using a thermal imaging camera for precise diagnosis and monitoring of the status has been conducting actively. Furthermore, application of monitoring device for conditions monitoring has been increasing. This study was carried out using the temperature sensor and thermal imaging camera in order to measure out the temperature of the contactor and relay on the switchboard of KTX passenger car. The temperature distribution of contactor was more higher than the relay relatively. However, it was found that it is satisfied with the H-types which is a rating for insulation proposed by manufacturer. In the measurement using the temperature sensor, the temperature was maximum of 58°C, In case of the measurement using the thermal imaging camera, the temperature was maximum of 89°C. Therefore, it is determined that the measurement of the coil temperature using a thermal imaging camera is effective.

Keywords : KTX, Thermal Imaging Camera, Temperature Sensor, Switchboard, Temperature

초 록 객차 배전반 기기에 대한 육안점검은 검수주기에 따라 눈으로 확인하거나 기기 측정을 통해 이상 유무를 판단하고 있다. 하지만 기기 종류별 최고 온도분포를 판단하기는 쉽지 않으며 불량시점도 예상하기 어렵다. 최근 상태감시 및 정밀진단을 위하여 열화상카메라를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 상태감시를 위한 검수 모니터링 장비의 적용도 증가하는 추세이다. 본 연구는 열화상카메라와 온도센서를 이용하여 KTX 객차 배전반 계전기 및 접촉기의 온도를 파악하고자 수행하였다. 계전기 보다는 접촉기가 상대적으로 높은 온도 분포를 보였으나, 제작사에서 제시하고 있는 절연재료 등급인 H형(160°C)에 만족하는 것으로 나타났다. 온도센서 측정에서는 최대 58°C, 열화상카메라 측정에서는 최대 89°C로 코일 온도 측정에는 열화상카메라를 이용하는 것이 효과적이라고 판단된다.

주요어 : KTX, 열화상카메라, 온도센서, 배전반, 온도

1. 서 론

객차 배전반 기기에 대한 육안점검은 검수주기에 따라 눈으로 확인하거나 기기 측정을 통해 이상 유무를 판단하고 있다. 취부품 외관 및 배선상태 기기 동작에 대한 검사는 약 4개월 시점에서 시행하고 있다. 하지만, 배전반 내부 장치 및 배선이 많아 고장부위 또는 이상

† 교신저자: 한국철도공사 연구원 기술연구처(sojin71@korail.com)

* 한국철도공사 연구원, ** 한국철도공사 기술본부 차량기술단

개소 발견에 한계가 있으며, 배전반 기기 종류별 최고 온도분포를 판단하기는 쉽지 않다.

최근 온도변화, 열 특성, 고압 변전설비, 비파괴, 화재감지, 발전소 등 상태감시 및 정밀 진단을 위하여 열화상카메라를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 상태감시를 위한 검수 모니터링 장비의 적용도 증가하는 추세이다. 이창영(2009년)¹⁾ 등은 정밀진단 대상 디젤 전기기관차 2량에 대해 고압케이블과 케이블 연결부위 및 터미널 지점에 대한 노화평가를 위해 열화상 기법을 이용하여 발열이 없음을 확인하였다.

본 연구는 KTX 객차를 대상으로 7호, 16호, 14호, 12호 객차 배전반을 총 27회 측정하였다. 배전반 중간과 상부에 위치한 계전기는 제외하였다. 이는 측정된 온도분포가 계전기 보다는 접촉기에서 상대적으로 높은 온도 분포를 보였다. 하지만 모두 제작사에서 제시하고 있는 온도범위를 매우 만족하고 있다²⁾. 이에 따라 객차 배전반 접촉기를 대상으로 온도분포가 높다고 판단되는 접촉기 3종류(축전지접촉기, 내부조명접촉기, 배기모터송풍접촉기)를 주요 대상으로 하였다.

2. 본 론

2.1 관련규격

2.1.1 KS C IEC 60947-1:2009³⁾

저전압 개폐장치 및 제어장치-제1부 일반규정에 의하면, 단자의 온도상승한도는 주위 온도 -5~40℃조건에서 구리 단자는 65℃, 은, 니켈 도금 단자는 70℃, 그 외의 비금속 외함은 40℃로 제시되고 있으며, 상기의 값은 포화상태의 최대 제한치로, 최소 8시간 이상은 만족하여야 한다고 제시하고 있다.

2.1.2 KS C IEC 60947-4-1:2003⁴⁾

저전압 개폐장치 및 제어장치-제4-1부 : 접촉기 및 모터기동기-전자식 접촉기 및 모터 기동기에 의하면, 주위 온도 -5~40℃조건에서 공기 중의 코일온도를 보면, 절연재료 A등급은 85℃, E종은 100℃, B종은 110℃, F종은 135℃, H종은 160℃로 제시되고 있으며, 상기의 값은 포화상태의 최대 제한치로, 최소 8시간 이상은 만족하여야 한다고 제시하고 있다.

2.1.3 KS R 9158:2002⁵⁾

전기차용 제어 기기의 시험 방법에 의하면, 온도 상승한도는 각 부에 인수·인도 당사자 간의 협정에 의한 전압, 전류 및 공기압을 주어 전자코일의 온도계법에 의한 온도상승 한도를 보면, Y종은 50℃, A종은 65℃, E종은 80℃, B종은 90℃, F종은 115℃, H종은 140℃로 제시하고 있다.

2.1.4 KS C 4004:2003⁶⁾

전기기기 절연의 종류로, 본 연구와 관련하여 제작사에서 제시하고 있는 H종 절연재료의 구성 및 내용을 보면, H종의 허용 최고온도에 충분히 견디는 재료로, 마이카, 석면, 유리

섬유 등의 재료를 규소 수지 또는 동등한 성질을 가진 재료로 구성되는 접착 재료와 함께 사용한 것이라고 제시하고 있다.

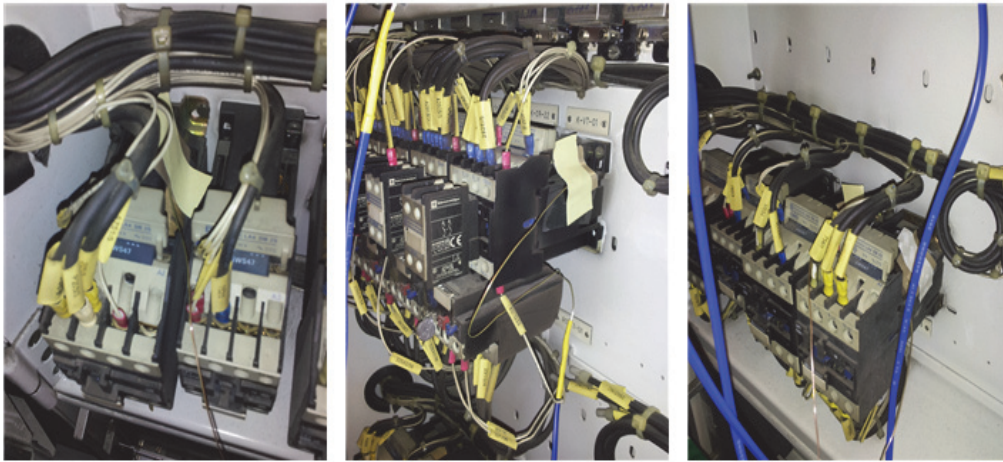


Fig. 1 The Battery contactor, Exhaust blower motor contactor, and Lighting contactor

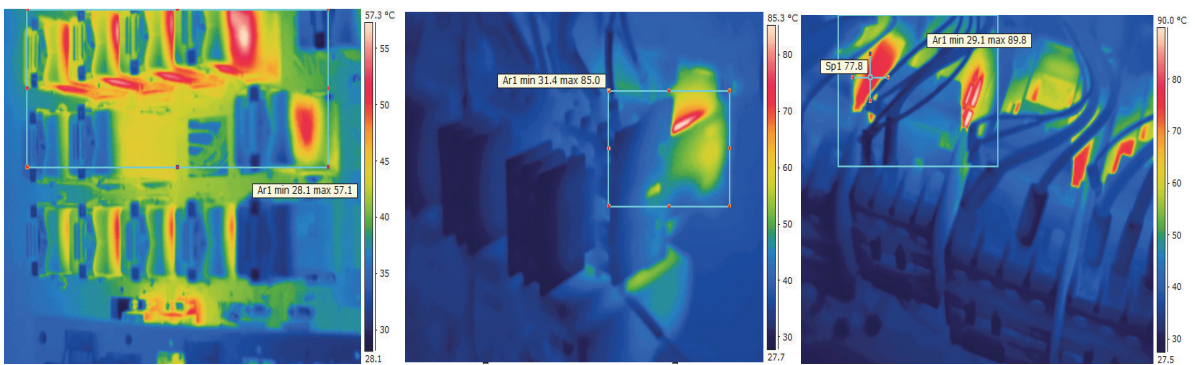


Fig. 2 Photos of measurement on the switchboard in the vehicle using a thermal imaging camera

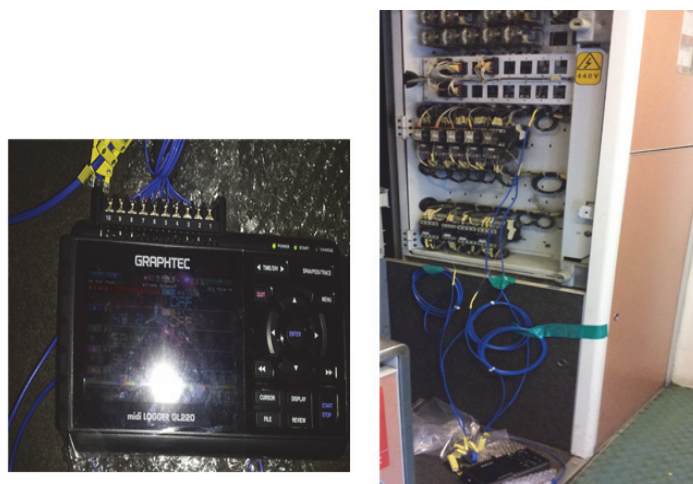


Fig. 3 Photos of measurement on the switchboard in the vehicle using a temperature sensor

Table 1 Measurement results using a thermal imaging camera

Number of measurements	Passenger number	Battery contactor(°C)	Lighting contactor(°C)	Exhaust blower motor contactor(°C)
1	17	-	77.7	63.7
2	17	-	75.5	-
3	17	-	57.2	-
4	17	-	87.7	75.5
5	17	84.5	86.9	82.8
6	12	87.5	111.0	85.6
7	14	86.0	94.2	88.5
8	12	89.0	97.1	89.3
9	16	87.9	96.5	93.0
10	12	85.2	86.7	83.8
11	14	85.0	92.4	86.5
12	16	84.0	90.3	87.3
13	17	82.2	92.5	85.4
14	14	88.3	96.5	90.6
15	16	87.4	96.3	93.5
16	16	79.2	89.2	82.9
17	17	80.5	89.9	83.5
18	14	80.9	88.3	80.6
19	16	83.7	90.0	87.5
20	14	84.5	89.5	84.1
21	14	79.8	85.5	80.4
22	12	86.1	83.5	76.3
23	12	78.3	81.2	79.8
24	16	80.6	87.1	86.6
25	16	80.6	84.5	86.5
26	14	81.5	89.9	82.6
27	17	80.0	82.4	80.5
Sum	Avg.	83.5	88.1	83.8
	Max.	89.0	111.0	93.5
	Min.	78.3	57.2	63.7

Table 2 Measurement results using a temperature sensor(No.14 Passenger car)

Classification	Time	Number of data	Battery contactor(°C)	Lighting contactor(°C)	Exhaust blower motor contactor(°C)	
1	11:38-12:08	359	Avg.	50.7	50.8	52.7
			Max.	55.4	54.1	54.9
			Min.	49.9	45.3	48.6
2	12:09-12:35	314	Avg.	57.3	51.7	52.7
			Max.	58.1	54.2	54.3
			Min.	55.4	49.2	51.5

2.2 배전반 기기 온도 측정

2.2.1 측정 조건

열화상카메라 장비는 FLIR T425(미국, 2012)와 FLUKE Ti105(미국, 2013), 온도센서는 GL220(일본, 2013)를 사용하였다. 온도센서를 이용한 데이터수집은 5초 간격으로 저장하였다. Table 1과 같이 17호, 16호, 14호, 12호 객차 배전반을 대상으로 2013년 5월부터 11월 까지 총 27회 측정하였다. 접촉기를 대상으로 온도분포가 높다고 판단되는 접촉기 3종류(축전지접촉기, 내부조명접촉기, 배기모터송풍접촉기)를 주요 대상으로 하였다.

2.2.2 측정 결과

객차 배전반 접촉기 3종에 대한 결과는 Table 1과 같다. 차량이 기동되어 정지시점까지 계속 코일이 여자되는 객실 내부조명접촉기와 객실 공기를 순환하는 배기모터송풍접촉기, 그리고 축전지접촉기가 다른 접촉기에 비해서 상대적으로 온도분포가 다소 높은 것으로 나타났다.

하지만 KS C IEC 60947-4-1(저전압 개폐장치 및 제어장치-제4-1부 : 접촉기 모터 기동기-전자식 접촉기 및 모터 기동기)에 제작사에서 제시하고 있는 절연재료 등급인 H형(160°C)에 만족하는 것으로 나타났다.

Table 1과 같이 열화상카메라를 이용한 총 27회 측정결과, 축전지접촉기는 최대 89.0°C, 내부조명접촉기는 최대 111.0°C, 배기모터송풍접촉기는 최대 93.5°C로 나타났다.

또한 열화상카메라와 온도센서의 비교를 위해 2013년 11월 22일 대전역에서 구포역까지 운행열차의 14호 객차 배전반을 열화상카메라로 측정한 Table 1의 26회 결과와 온도센서를 이용하여 측정한 Table 2의 최고 온도분포를 비교하였다.

열화상카메라로 측정한 축전지접촉기는 81.5°C, 내부조명접촉기는 89.9°C, 배기모터송풍접촉기는 82.6°C로 나타났다. 온도센서로 측정한 축전지접촉기는 58.1°C, 내부조명접촉기는 54.2°C, 배기모터송풍접촉기는 54.9°C로 나타났다.

따라서 동일 구간 측정 결과만을 볼 때, 열화상카메라 측정에서는 내부조명접촉기가 최고 89.9℃, 온도센서 측정에서는 축전지접촉기가 최대 58.1℃로 나타남을 확인하였다.

3. 결 론

온도센서 측정에서는 최대 58℃, 열화상카메라 측정에서는 최대 83℃로, 제작사에서 제시하고 있는 절연재료 등급인 H형(160℃)에 매우 만족하는 것으로 나타났다. 다만, 접촉기 코일은 장기간 사용됨에 따라 열에 의해 코일의 반복적인 팽창과 수축으로 단선되기 때문에 상태감시 대상으로 선정할 필요가 있다고 판단된다. 그리고 코일온도 측정에는 열화상카메라를 이용하는 것이 효과적이라고 판단된다.

참고문헌

- [1] C.Y. Lee, J.K. Kim. N.P. Kim. (2009) Application and Case Studies of Infrared Thermography Technoque in Railway Industry , *Spring conference of the Korean Society for Railway*, pp. 3320-3325.
- [2] J.S. So(2013), Study on the Temperature Distribution Characteristic of Switchboard equipped in the High Speed Vehicles, *KORAIL Research Institute*.
- [3] KS C IEC 60947-4-1(2003), Low-voltage switchgear and controlgear-Part 4-1: Contactors and motor-starters-Electromechanical contactors and motor-starters, *Korean Standards Association*, pp.22-23
- [4] KS C IEC 60947-1(2009), Low-voltage switchgear and controlgear-Part 1: General rules, *Korean Standards Association*, pp.97
- [5] KS R 9158(2002), Test methods control equipment of electric rolling stock, Low-voltage switchgear and controlgear-Part 1: General rules, *Korean Standards Association*
- [6] KS C 4004(2003), Classification of materials for insulation of electrical machinery and apparatus, *Korean Standards Association*