

고속철도차량의 변압기 온도 특성 분석

한영재*, 김기환*, 김영국*, 박춘수*, 이수길*, 이성호*

*한국철도기술연구원

Characteristic Analysis of Transformer Temperature for High Speed Train

Young-Jae Han*, Ki-Hwan Kim*, Seog-Won Kim*, Jin-Yong Mok*, Su-Gil Lee*, Jong-Young Kim*

*Korea Railroad Research Institute

Abstract - In this study, temperature sensors were adhered to transformer that is used in KHST(Korean High-Speed Train) to verify variation of temperature characteristics about transformer synthetically and efficiently. In the case that temperature of transformer exceeds reference temperature for running of KHST, overheating of transformer may cause a fatal accident of vehicle. Therefore, after on-line measurement system was constructed in vehicle, oil temperature and tank temperature were measured on real-time. Characteristics and main specifications of transformer in KHST were described in this paper. Also, measurement system for temperature measurement of transformer was explained in brief. Temperature data of transformer was acquired using measurement system, KRRI(Korea Railroad Research Institute) analyzed characteristic in contrast with comparing with temperature of transformer about month, running speed and running time.

1. 서 론

한국형 고속전철의 주요 장장품인 변압기는 판토그램을 이용하여 가선으로부터 전력을 공급받아 전력 변환장치, 전인 전동기 등의 각종 장치에 필요한 전원을 공급해주는 역할을 한다. 또한 한국형 고속전철의 전장품에서 가장 무겁고 부피가 큰 변압기는 차량의 주행속도에 큰 영향을 미치고 변압기를 설치할 수 있는 공간상의 제약이 따르므로 소형, 경량화가 매우 중요하다.

그러나 변압기의 소형, 경량화를 위해 권선의 전류 밀도를 높이는 방법은 권선에 매우 높은 열을 발생시키며 절연지와 절연물을 짚은 시간에 심하게 열화시킬 수 있다. 그래서 한국형 고속전철용 변압기의 냉각시스템은 실리콘유를 이용한 강제송유풍냉식으로 냉각시키는 구조로 되어있다.

본 연구에서는 변압기의 온도 특성 변화를 확인하기 위해 차량에 취부된 변압기에 온도 센서를 부착하였다. 또한 한국형 고속전철이 주행하는 동안 변압기의 온도가 기준 온도를 넘어갈 경우 차량의 치명적인 고장을 일으킬 수 있으므로 차량 내에 상시 계측시스템을 설치하여 변압기의 오일 온도와 외함 온도를 실시간으로 측정하였다. 그리고 계측시스템을 통해 획득한 변압기 온도 데이터를 바탕으로 월별, 주행 속도별 그리고 운행 시간별로 변압기 온도를 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 변압기의 주요 사양

고속전철용 변압기는 사용 목적상 일반 전력용 변압기와는 달리 운행 중에 차량의 최대 속도, 궤도 높이, 레일 형태, 침목의 크기, 지형의 특성에 따라 진동 및 충격을 겪으므로 구조 안정성이 확보되어야 한다.

먼저 변압기의 소형, 경량화를 위하여 권선의 전류 밀도를 일반 전력용 변압기보다 2~3배 정도로 높게 설정하고, 절연 체계는 아라미드 계열인 H종 절연물 및 난연성 절연유인 실리콘유를 사용한 고온도 절연 시스템을 적용하여 설계하였다. 이때 발생하는 열은 변압기 온도 측정 방식에서 설명한 것처럼 직접강제송유풍냉식으로 냉각시키는 구조로 설계되었다.

변압기의 진동 및 충격에 대한 구조 안정성을 위해 변압기의 무게 중심을 하부쪽으로 이동시킬 필요가 있다. 이를 위해 중신을 일반적인 전력용 변압기와는 달리 수평으로 배치하여, 변압기 외함의 구조를 공기 덕트(air duct)의 역할을 하는 상부 탱크 및 중신군이 들어있는 하부 탱크의 두 부분으로 분리된 구조로 설계하였다.

그림 1은 변압기의 냉각을 위한 오일과 공기 흐름을 보여주고 있다. 강제송유풍냉식을 냉각 방식으로 채택하고 있는 변압기의 상부 탱크는 통풍구의 역할을 하며 좌우에 설치된 냉각기를 통해 찬 공기가 공기 덕트와 팬을 통하여 순환된다. 그리고 변압기 내의 실리콘유는 냉각기에서 냉각된 후 변압기 내에서 도체 표면 및 철심 측면을 지나면서 발생된 열을 흡수하여 오일 펌프로 흡출되고, 다시 냉각기로 보내져 열 교환된다.

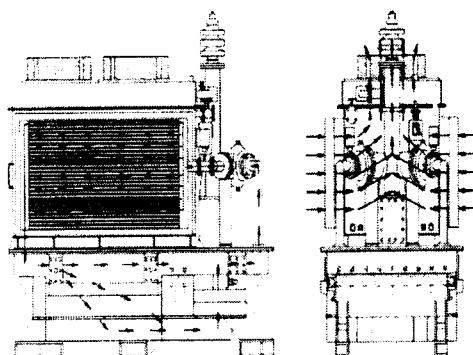


그림 1. 오일 및 공기 흐름도

한국형 고속전철에는 두 종류의 변압기(동력차용과 동력 객차용)가 취부되어 있는데, 표 1은 변압기의 주요 사양을 보여준다.

표 1. 변압기의 주요 사양

		동력차용	동력객차용
상수 및 주파수		단상 60Hz	
용량(kVA)	일차	8,900	2,640
	견인	1,250 × 6	1,250 × 2
	보조	350 × 4	140
전압(kV)	일차	25	25
	견인	1.4 × 6	1.4 × 2
	보조	0.380 × 4	0.3

2.2 변압기의 온도 측정

한국형 고속전철에 설치된 계측시스템은 4개의 계측 모듈과 2개의 모니터링 장치 및 메인 서버(안전 모니터링으로 이용)로 구성되며, 각 계측 모듈 및 별도의 모니터링 장치에서 계측 신호를 상시 모니터링할 수 있도록 되어있다. 4개의 계측 모듈은 DAM(Data Aquisition Module)1, DAM2, DAM31, DAM32로 구성되며 2개의 모니터링 장치는 주행과 제동으로 구분된다. 메인 서버는 네트워크 라인으로 계측 모듈과 모니터링 장치와 서로 연결되어 시험 데이터를 공유하고 있으며, 메인 서버에 의해 제어되도록 되어있다.

계측시스템은 차량에서 발생하는 전기 및 기계장치에 대한 성능을 검증하기 위해 제작되었으며, 그림 2는 계측시스템의 구성도를 보여주고 있다.

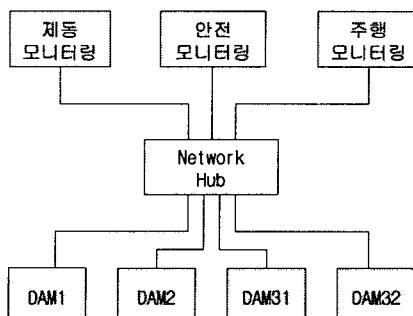


그림 2. 계측시스템의 구성도

변압기의 온도 측정을 위해 계측시스템에 입력되는 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째 방법은 그림 3과 같이 측정 위치로부터 직접 계측 장비에 온도값이 입력되도록 한 경우이다. 이 때는 노이즈 방지를 위해 접촉 부위에 운모를 사용하였다. 두 번째 방법은 제작시에 미리 심어둔 온도 센서로부터 온도를 입력받아 컨디셔너를 거친 후에 계측 장비로 입력되는 경우이다.

한국형 고속전철에서 변압기의 온도 측정에 대해 살펴보면 노이즈 차폐와 차량의 분리가 용이하게 하기 위해 동력차의 변압기는 각각 DAM1과 DAM32에서, 동력객차의 변압기는 DAM32에서 온도를 측정하였다.

그림 4는 변압기의 오일 온도와 외함 온도를 측정하기 위해 동력차와 동력객차에 취부되어 있는 변압기에 온도 센서를 부착한 여러 모습을 보여주고 있다.

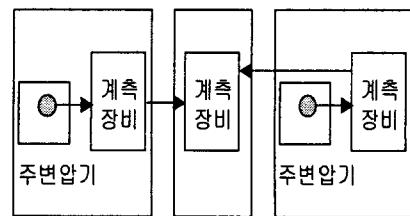


그림 3. 변압기의 온도 측정 구성도

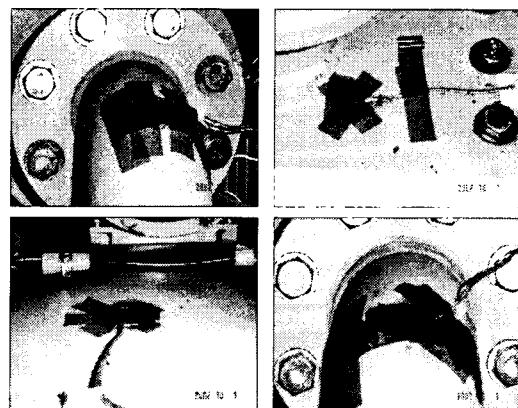


그림 4. 변압기 온도센서의 부착 모습

2.3 프로그램의 구성

모듈별 계측 프로그램은 Hardware configuration, Software configuration, Diagnosis 및 Test의 4개 중요한 기능으로 분리되며, 동일한 프로그램으로 Hardware/Software configuration을 설정하여 계측 모듈에서 사용할 수 있도록 하였다. Hardware configuration은 각 계측모듈에 사용된 NI제품인 Hardware를 정의하는 부분으로 각 모듈에 실제 사용된 chassis no., module no. 및 model no.를 NI에서 제공하는 Driver를 이용하여 Hardware의 설정을 행한다.

Software configuration은 Hardware적으로 설정된 채널에 대해 채널의 사용여부 판단, Calibration, 실제 물리량으로의 변환, 최대/최소값 설정, 계측체계범위 설정, 통합 모니터링 모듈로의 전송여부 판단 등을 하는 부분이다. Diagonosis는 시운전 시험계측 전에 계측 신호의 이상여부를 확인하기 위하여 구성된 모듈로서 각 모듈별 계측 담당자는 계측 장비의 전원인가 후 각 채널의 이상여부를 확인하여 시험계측 전에 원인 규명과 해결을 수행하기 위하여 구성하였다.

Test는 실제로 계측된 신호의 현시, 저장 및 이 신호를 이용하여 계산된 값을 저장하는 것이다. 계측의 시작/끝, 데이터의 저장은 Main computer의 지령에 따라 수행되며, 계측신호는 각 모듈의 모든 신호의 현시와 이상여부의 확인이 가능하며, 선택적으로 일부 신호를 그래프로 모니터링할 수도 있도록 되어있다.

2.4 시험결과

변압기는 어떤 기준 온도를 갖고 있으며, 이 기준치를

넘어갈 경우에는 치명적인 고장을 일으킬 수가 있다. 이를 방지하기 위해서 컨버터와 인버터의 게이트 드라이브 신호 출력을 차단하고 접촉기를 차단하여 모터블록경우에는 네트워크 라인을 통해 SCU(Supervisory Control Unit)에 고장 신호를 보내내 기동을 중단시키고 있다. 변압기 오일의 기준 온도는 135°C로, 변압기 외함의 기준 온도는 190°C으로 설정되어 있다.

그림 5부터 그림 7까지는 고속영역(300km/h 근방)에서 한국형 고속전철의 변압기 오일 및 외함 온도변화를 각각 월별, 주행속도별 그리고 운행시간별로 확인하기 위해 측정한 결과이다.

그림에서 보는 바와 같이 여름철에 외기 온도가 가장 높기 때문에 변압기의 경우에도 온도가 7~9월에 가장 높게 나타난다. 또한 전체적으로 모터블록 3대에 전력을 공급해주는 변압기(TF)1의 오일 및 외함온도가 모터블록 2대에 전력을 제공하는 변압기(TF)2보다 높은 온도를 형성하는 것을 볼 수 있다.

결과적으로 고속영역에서 한국형 고속전철 변압기의 오일 및 외함온도는 차량의 주행속도와 운행시간보다는 외기온도에 영향을 더 많이 받으며, 설계시의 기준온도를 모두 만족하고 있음을 확인하였다.

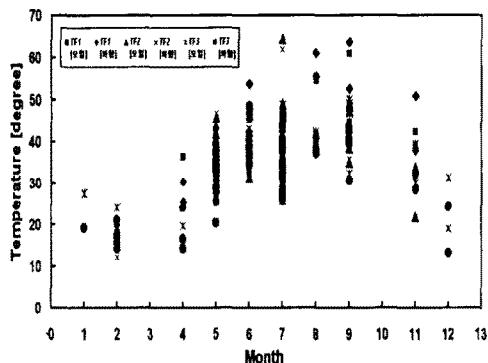


그림 5. 월별 변압기 온도

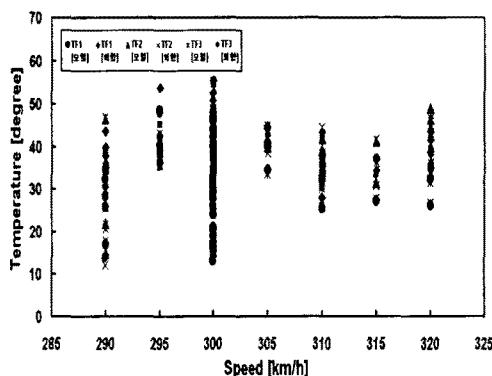


그림 6. 주행속도별 변압기 온도

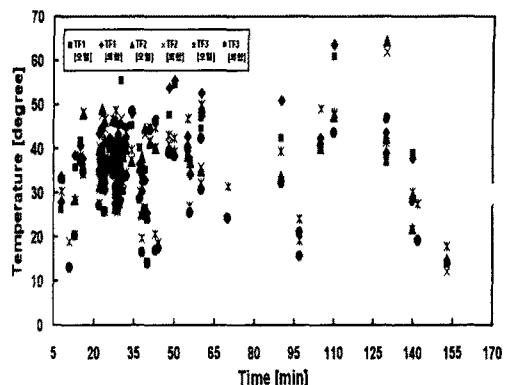


그림 7. 운행시간별 변압기 온도

3. 결 론

한국형 고속전철의 변압기는 차량 전장품들에 전원을 공급해주는 핵심장치로, 본 연구에서는 시운전시험을 통해 고속영역에서 변압기 오일 및 외함에 대한 온도변화를 월별, 주행속도별, 운행시간별로 살펴보았다.

측정을 위해 온도센서를 오일과 외함에 부착하였으며, 이를 통해 변압기의 오일과 외함온도는 주행속도와 운행시간보다는 외기온도에 더 많은 영향을 받는 것을 살펴보았다.

감사의 글

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

참고문헌

- [1] Paolo Masini and Giovanni Puliaiti, "Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) in Experimentation", WCRR, pp.279~286, 1997.
- [2] Y.J.Han et al., "A study on traction system characteristics of high speed train", pp. 1720~1723, ICCAS 2003
- [3] 한영재의 4명, "고속철도차량용 전기장치의 온도특성에 관한 연구", 2003년도 12월 특별호, pp. 1210~1216, 전기전자재료 학회지
- [4] 한영재의 4명, "고속철도 전기장치의 특성에 관한 연구", 2003. 4, pp. 435~437, 대한전기학회 준계학술대회
- [5] 주변압기 견인전동기 개발, 고속 철도 기술개발사업 연차보고서(1999), 건교부, 산자부, 과기처.