

## 전기철도환경하에서의 서지방호용 절연변압기 제작 및 성능평가

이강원\*, 김영룡\*, 온정근\*, 박대원\*, 박건영\*\*  
한국철도기술연구원\*, 로템\*\*

### Manufacture and Performance Evaluation of Insulating Transformer for surge protection under Electric Railway Environments

K. W. Lee\*, M. Y. Kim\*, J. G. Ohn\*, D. W. Park\*, K. Y. Park\*\*  
Korea Railroad Research Institute\*, ROTEM\*\*

**Abstract** - The main aim of the paper is the study of the surge voltages in electric railway signal security system. Hence these studies will provide means of introducing a suitable protective device insulating transformer. This influences the surge voltage interrupting capacity using surge arresters and bypass capacitors. This circuit can be used for investigating surge phenomenon in electric railway signal security system. In this paper a insulating transformer has been introduced for the reduction of surge voltages in the above circuit model and performance evaluation.

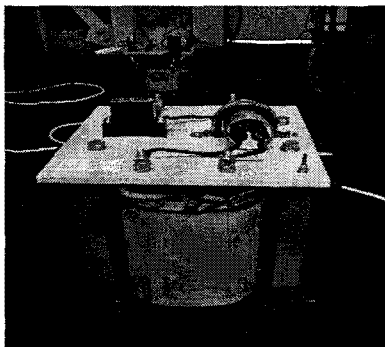
#### 1. 서 론

전기철도신호보안시스템이 외부에서 인가되는 서지성 이상전압에 노출되어 시스템을 이루는 장치의 부품등에 손상이 가해지면 철도차량의 안전운행을 위한 정상적 동작이 이루어지지 않게 되어 큰 인적·물적사고로 이어질 수 있게 되므로 외부로부터 인가되는 서지성 이상전압의 효과적 억제에는 매우 중요한 문제가 된다. 본 논문에서는 전기철도환경하에서 발생된 서지를 효과적으로 억제할 수 있는 절연변압기를 제작하여 초기 제작상 결함 및 구조적 단점을 극복하고 서지방호용 절연변압기 시험에 일반적으로 사용되는 평형회로와 불평형회로를 이용하여 절연변압기의 성능을 평가하여 제작된 절연변압기의 서지성 이상전압 억제능력을 검증하였다.

#### 2. 본 론

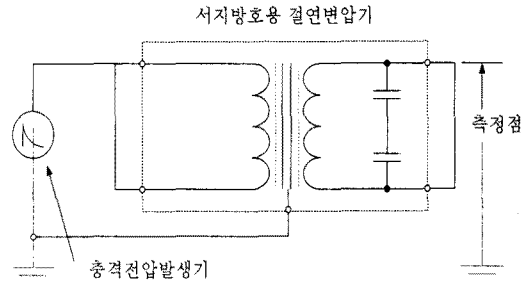
##### 2.1 실험구성 및 방법

제작된 서지방호용 절연변압기(1kVA)는 1차와 2차 전압이 220V로서 서지에 대한 억제용으로서 1차와 2차간의 전기적 절연을 주요 목적으로 하고 있으며, 본 논문에서 제작된 절연변압기의 외관은 그림 1과 같다. 입력 1차측에는 정상모드 서지에 대한 억제를 위한 서지 어레스터가 부착되어 있고, 2차측에는 고주파 바이패스용 커패시터가 부착되어 있다.



〈그림 1〉 서지방호용 절연변압기

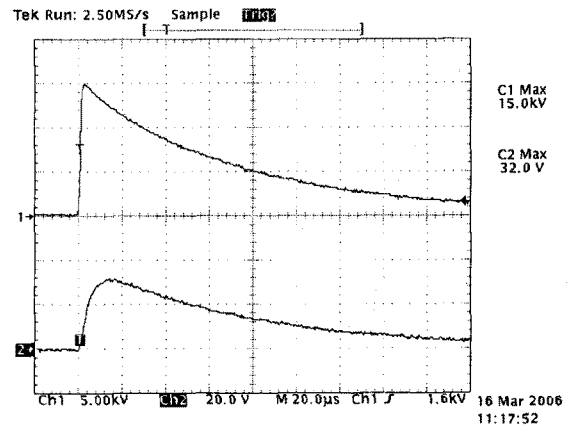
외부로부터 절연변압기의 1차측에 인가된 서지성 이상전압에 대한 절연변압기의 억제능력을 확인하는 방법으로서 공통모드(Common Mode) 서지에 대한 평형시험법과 정상모드(Normal Mode) 서지에 대한 불평형시험법이 있다. 정상모드서지의 경우, Twist wiring 혹은 서지어레스터등의 외부적 차단방법에 의해 서지 대부분을 억제할 수 있으나 공통모드 서지에 대한 억제효과는 주로 절연변압기에 의해 좌우되므로 본 논문에서는 절연변압기 자체의 서지방호능력을 직접적으로 확인할 수 있는 평형시험법을 대상으로 절연변압기 제작성능을 확인하기로 하였으며 사용된 평형시험회로는 그림 2와 같이 구성하였고 서지시험기(LSS-15AX-C3)에서 시험용 서지(1.2×50μs)를 평형시험회로에 인가하여 출력 측 오실로스코프로 파형을 관찰하였다. 철도청 표준규격에 따르면 평형시험에서 2차측으로의 서지이행율은 0.1% 이므로 시험에 사용될 서지시험기의 서지 전압이 15kV인 경우, 1차측 서지 인가파형에 대해 15V이하의 서지출력이 얻어져야 한다.



〈그림 2〉 서지방호용 절연변압기 평형시험

##### 2.2 실험결과 및 고찰

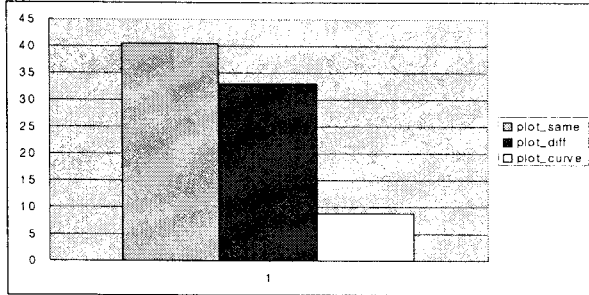
일반적인 변압기의 경우, 1차측과 2차측의 절연을 위하여 종이등의 절연재를 사용하므로 1차측과 2차측사이의 정전용량은 크게 되어 정전유도 또는 전자유도등에 의하여 유도된 공통모드 서지가 감소되지 않고 2차측으로 전달되어 2차측에 부착된 전자기기에 악영향을 주게 된다. 그러나 서지방호용 절연변압기는 1차코일, 2차코일 그리고 1차코일과 2차코일사이가 도체에 의해 차폐된 구조로 되어 있어 1차 코일과 2차코일사이의 차폐층에 의하여 1차코일과 2차코일간의 정전결합이 감소하게 되어 1차측에 인가된 수십kV의 공통모드서지는 차폐층에 의해 대부분이 억제되어 2차측으로 전달되는 서지의 크기는 수십 V로 감소한다. 본 논문에서 1차로 제작된 절연변압기는 외철심형 구조로서 2차측을 가운데 철심주위에 위치시키고 1차측을 2차측 주위에 위치시켰으며 1차와 2차코일의 높이는 같게 하였다. 또한 1차와 2차 코일사이에 약 1cm의 공간을 두고 절연스페이서로 이격시켜 1차와 2차간의 유도결합을 약화시키지 않으면서 1차와 2차사이의 정전용량의 크기를 가능한 한 줄이고자 노력하였다. 차폐층은 2차코일의 각 층간에 위치시켜 가능한 1차코일과의 정전결합을 약화시키고 다시 차폐층을 접지에 연결하여 차폐층에 유도된 전하들이 빠져나갈 수 있는 통로를 만들었다. 처음 제작된 절연변압기의 경우 제작시 차폐층 접지 불량에 의해 서지인가시 접지측에서 스파크가 발생하였고 이를 보완한 후 평형시험한 결과가 그림 3에서 보여진다.



〈그림 3〉 초기 제작된 절연변압기 평형시험결과

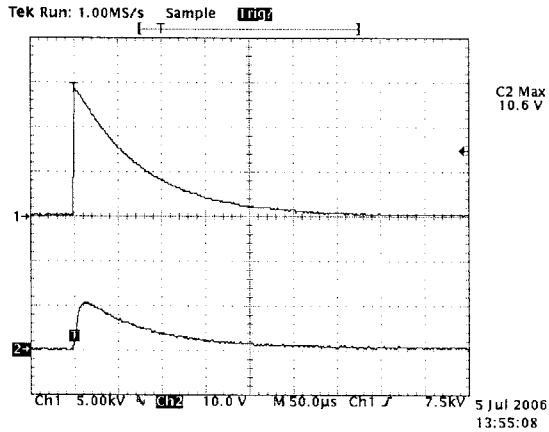
시 제작된 평형시험결과는 철도청 표준규격에서 제시한 서지 이행율 0.1%의 기준을 약 두 배정도 초과하였고, 이 부분에 대한 절연변압기의 개선이 필요하였다. 개선을 위한 방법으로서 1차측과 2차측간 정전용량의 최소화 즉 1차측으로부터 2차측으로 전달되어지는 정전유도전압의 최소화를 목표로 하였다. 이를 위해 절연변압기에 대한 1차코일과 2차코일 및 차폐층간의 구조적 차이를 상용 전자계해석프로그램으로 모의 하였고 그 결과는 그림

4에 나타나 있다. 1차측에 인가된 전압은 15kV로 하였고, (1) 1차측과 2차측 코일의 높이가 같은 경우(plot\_same), (2) 1차측이 2차측 보다 높이가 작은 경우(plot\_diff), (3) 1차측이 2차측 보다 높이가 작으면서 차폐판의 모퉁이 부분이 2차측 코일측으로 약간 기울어진 경우(plot\_curve)의 세가지 경우로 모의 하였다.



〈그림 4〉 절연변압기의 구조적 차이에 따른 2차측 유도전압(1차측:15kV)

전자계해석프로그램에 의해 모의한 결과 3번째 경우가 가장 작은 유도전압이 구해졌다. 이러한 모의 해석결과를 이용하여 두 번째 절연변압기의 제작에 적용하였고 제작된 절연변압기를 이용하여 초기 제작된 절연변압기에 적용한 평형시험방법과 동일하게 시험하였고 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서는 15kV 서지인가시 출력측에는 10.6V가 측정되었고 이 결과는 최종적으로 제작된 서지방호용 절연변압기의 성능이 철도청 표준규격에서 제시한 서지이행율 0.1%의 기준을 만족한다는 것을 입증하는 것이다.



〈그림 5〉 최종 제작된 절연변압기 평형시험결과

### 3. 결 론

서지방호용 절연변압기는 1차코일, 2차코일, 접지된 차폐층으로 구성되며 이에 대한 성능평가방법으로서 평형시험과 불평형시험이 있으나 본 논문에서는 평형시험에 의하여 자체 제작된 절연변압기의 성능을 평가하였다. 기본개념에 의해 초기 제작된 절연변압기는 제작시 차폐층 접지불량에 따른 결함 및 평형시험기준에 미달되었으나 전자계해석프로그램을 이용한 절연변압기 구조적 차이를 모의한 결과를 절연변압기제작에 적용한 결과 평형시험기준인 0.1% 이내로 공통모드 서지(15kV)를 억제하는 성능을 보여주었다.