

서지방호용 절연변압기 성능시험관련 모의해석 및 시험결과와의 비교분석

Comparison and Analysis between the simulation and test result for Quality Assessment of Surge Protective Insulating Transformer.

최영하* 김명룡** 이강원*** 은정근** 송중호****
Choi, Young-Ha Kim, Myung-Young Lee, Kang-Won Ohn, Jung-Ghun Song, Joong-Ho

ABSTRACT

"KRS 6330-3256라" standard regulates performance test of insulating transformer for protecting the electronic interlock linkage equipment which is being done by test procedures and methods according to the standard. The balance/unbalance test evaluating the performance of transformer are applied by impulse voltage(12/200 μ s) but affected by many other factors. Therefore, the review about these is necessary to have the reliability and reappearance of test results. In this paper, we have simulated about several phenomenon appearing in real balance/unbalance test and compared simulated results with real ones. With the basis of these results, the influence to test result of inner and outer factors are investigated and analyzed and established the plan boosting the reliability and reappearance of test results.

1. 서론

전자연동장치는 역사내 기기실등에 설치되어 궤도를 주행하는 열차의 목적지별로 진로를 설정하여 주는 분기기를 제어하며, 열차의 진행 혹은 정지를 지령하는 신호기를 제어하는 전자장비로서 현장설비 혹은 역사 인근의 송전선로, 야지 등에서 발생하는 뇌격에 의한 직/간접적인 서어지전압에 매우 취약하다. 따라서, 전자연동장치의 입출력부에는 서어지 전압으로부터 보호하기 위한 각종 보호대책이 강구되어 있으며 특히 전원의 입력단에 서어지 방호용 절연변압기를 설치한다. 서어지 방호용 절연변압기는 1:1 변압비(220V:220V)의 구조를 갖고 변압기 1차측에 피뢰기의 역할을 하는 TNR이 설치되어 서어지전압이 2차측으로 전달되는 것을 방지하고 2차측 회로를 보호하는 구조를 갖고 있다. 특히, 1·2차 권선사이에는 정전차폐판이 설치되어 1·2차 권선사이의 정전용량을 최소화하여 피뢰기가 파손된 경우에도 2차측에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 구조로 되어 있고, 관련규격(KRS 6330-3256라)에서는 피뢰기가 파손된 경우의 1·2차간의 서어지 이행을 절연변압기의 중요한 성능으로 규정하고 있으며, 일반적인 변압기에 실시하는 특성시험 이외에 1·2차 권선간의 서어지 이행을 시험을 통하여 확인하도록 규정하고 있다. 본 논문에서는 절연변압기의 서어지 이행율에 대한 등가회로를 제안하고 등가회로 해석결과와 실제시험 결과의 비교를 통하여 제안된 회로가 타당성을 입증하였다.

*한국철도기술연구원 위촉연구원, 비회원
**한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원
***한국철도기술연구원 주임연구원, 비회원
****서울산업대학교 교수, 비회원

2. 본론

2.1 시험방법

시험에 관한 규격은 표 1과 같고 실제 시험에 사용한 절연변압기의 사양은 표 2에 나타난다.

표 1. 절연변압기 시험규격

용량	1, 3, 5, 7.5, 10KVA
입출력전압	단상 AC220V/220V, 60Hz
절연저항	100MΩ이상 (DC500V절연저항계로 측정시)
절연내력	AC1500V 1분간 (누설전류 10mA)
효율	90%이상
서어지이행율	0.1%이내

표 2. 서어지방호용절연변압기 사양 예

항 목	규 격
1차전압 / 2차전압	200V / 100V 또는 200V
주파수	50 / 60 Hz
절연저항	1차측~2차측, 접지간 DC1,000V, 100MΩ이상(어레스터제거)
	2차측~1차측, 접지간 DC1,000V, 100MΩ이상
절연 종별	H종
시험전압	1차측~2차측, 접지간 AC 10KV(어레스터 제거, 1분간)
	2차측~1차측, 접지간 AC 3KV(1분간)
임펄스내전압	1차측~2차측, 접지간 30KV(어레스터 제거, 1.2 X 50 uS)
전압변동율	5KVA 이하 5% 이하
	5KVA 초과 3% 이하
효율	5KVA 이하 90% 이상
	5KVA 초과 95% 이상
서어지이행율(평형)	-60dB 이하(3KV, 1.2 X 50 uS)
어레스터	최대 전류내량 20KA (8/20us)

규격에서는 서어지 이행율 시험을 실시하도록 규정하고 있으며 서어지 전압이 대지와 전로간에 인가된 경우의 보호성능을 시험하는 것으로 1차측 인가전압(15kV)에 대해 2차측으로 서어지 이행율은 0.1% 이하이어야 하며 시험의 회로도는 그림 1과 같다.

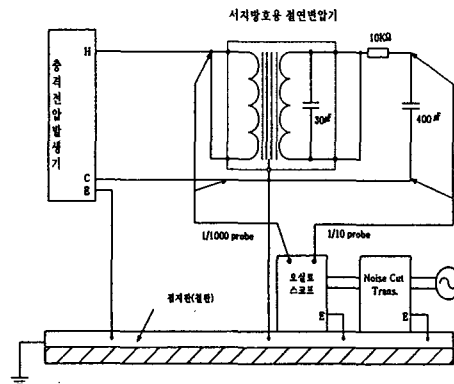


그림 1 시험회로도

2.2 등가회로

1) 서어지이행율시험 시 절연변압기의 등가회로

서어지이행율시험은 서어지 전압이 전로와 대지간에 인가된 경우의 서어지 이행율을 확인하기 위한 시험으로 이때의 절연변압기 회로는 1차측 도체, 2차측 도체 및 대지의 세 전극과 각 전극간에 절연물로 구성된 캐패시터 회로로 구성할 수 있다. 이와 같이 구성한 캐패시터 회로를 그림 2에 나타내었다.

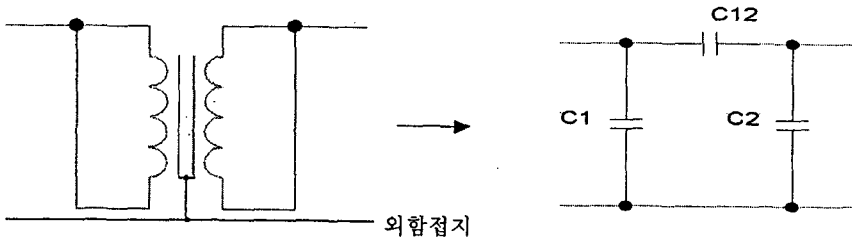


그림 2 등가회로

- ① C12: 절연변압기의 1차측과 2차측간의 커패시턴스
- ② C1 : 절연변압기의 1차측과 외함접지사이의 커패시턴스
- ③ C2 : 절연변압기의 2차측과 외함접지사이의 커패시턴스

2.3 등가회로를 이용한 회로해석결과

제안된 등가회로와 규격에서 규정한 시험회로를 종합하여 회로해석을 하였으며, 이때 회로해석에 사용된 등가회로 및 해석결과는 그림 3, 4와 같다.

서지는 고주파대역까지의 주파수 성분을 가지는 임펄스의 형태이며 이러한 고주파성분을 2차측으로 전달되는 것을 방지하기 위하여 즉, 서어의 침투치를 줄이기 위해서는 $C12(Xc=1/\omega C12)$ 의 값은 가능한 작아야 하고, C1 및 C2($Xc=1/\omega C1$ or $=1/\omega C2$)값은 가능한 큰 것이 좋다. 아래 그림은 14kV(1.2 μ s/50 μ s)의 펄스를 입력으로 모의하였을 때 1차측에서 본 입력파형과 2차측으로 출력되는 출력파형을 각각 보여준다.

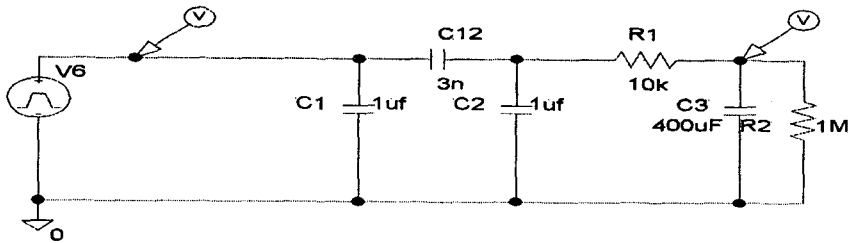
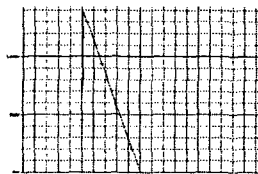
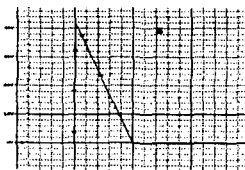


그림 3 서어지이행율시험에 대한 회로해석을 위한 전체등가회로



(a) 1차측 입력파형



(b) 2차측 출력파형

그림 4 입력 및 출력파형(C12=3nF, C1=1uF, C2=1uF)

2.4 실험결과

이 시험에 사용되는 뇌충격발생기는 LSS-15AX-C3 형식으로서 최대 30kV까지의 서어지전압을 발생하며 시험시 인가전압은 15kV($1.2 \times 50\mu\text{s}$)로 인가하였으며 전압파형은 프로브(1,000X)를 통하여 오실로스코프(Tektronix TDS 754A)로 측정하였다. 측정된 전압은 7.8V로 0.1% 이하의 규격에 적합한 전압 감쇄율을 보이고 있으며 시뮬레이션 결과에 비하여 작은 값을 보이고 있는데 시뮬레이션에 사용한 회로정수의 실측시 측정주파수에 기인한 오차로 판단되며 실제 시험시 입력과 출력 파형은 그림 5에서 보여진다.

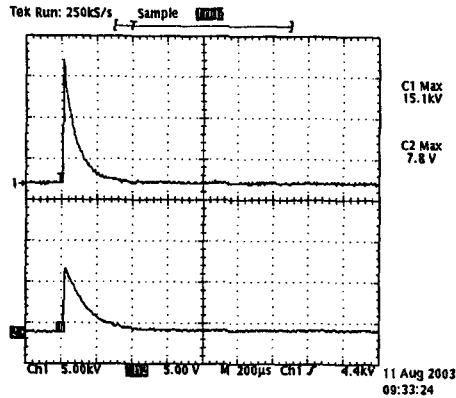


그림 5 서어지 이행율 파형

3.결론

서어지 방호용 절연변압기의 서어지 이행율 시험에 대하여 성능을 판정하고 절연변압기의 품질을 확보하기 위한 요소를 파악하기 위하여 절연변압기의 서어지 이행율 시험에 대한 등가회로를 제안하고 실측된 등가회로 파라미터를 이용한 시뮬레이션을 수행하였으며 수행된 결과를 검증하기 위하여 실측 데이터와 비교 검토하였다. 서어지이행율 변압기의 서어지이행율 성능을 향상시키기 위해서는 권선과 대지간의 정전용량을 크게하고 1·2차 권선간의 정전용량을 작게 할수록 보호성능이 향상됨을 알 수 있으며 이러한 목적으로 1차권선과 2차권선에 정전차폐를 강화시킬 필요가 있다.

참고문헌

1. 철도청 표준규격, "KRS 6330-3256라 전자연동장치", 철도청, 2003
2. 株式会社サンコーシャ“通信回路系に發生する異常電壓”
3. 株式会社サンコーシャ“鐵道用保安器・裝置の實際”
4. 강인권, “최신 피뢰설비의 선정과 설계”, 도서출판 신기술, 1999
5. 이복희, 강성민, “뇌서지전류와 Ageing에 의한 산화아연형 피뢰기 소자의 미세구조변화”, 대한전기학회 하계학술대회, 2000