

HVDC 케이블용 XLPE 절연 재료에 대한 DC/Impulse 중첩실험 시스템 구축

김정태*, 김동욱*
대전대학교*

Build-up of DC/Impulse Superposition Testing System for XLPE materials in HVDC cables

Jeong-Tae Kim*, Dong-Uk Kim*
Daejin University*

Abstract - In this study, in order to develop the evaluation method for XLPE materials for HVDC cables, DC/Impulse superposition testing system was built up. Throughout the P-spice simulation, optimal values of the protection resistor for the DC generation system and the blocking capacitor for the Impulse generator were calculated. DC/Impulse superposition system showed good result maintaining their proper wave shapes and amplitudes. This system would be planned to apply to the evaluation of XLPE materials for HVDC cables.

구된다. 직류 고전압 발생장치 쪽으로는 임펄스 전압이 가해져 정류회로의 다이오드 소자의 파괴를 막기 위해 보호저항을 DC 고전압 발생장치 출력단에 직렬로 삽입할 필요가 있다. 아울러, 임펄스 발생장치 쪽으로도 직류 고전압이 가해져 커패시터의 소손이 발생하거나 출력파형이 왜곡되는 것을 방지하기 위해 직류전압 차단용 Blocking Capacitor를 설치한다. 보호저항과 Blocking Capacitor의 적절한 값을 파악하기 위해 p-spice를 이용하여 회로에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 2는 율해석을 위해 구성한 회로도도를 나타낸 것이다.

1. 서 론

최근 HVDC 송전에 대해 많은 논의가 이루어지고 있으며, 특히 HVDC 케이블에 대해서도 많은 연구가 추진되고 있다. 이중 절연체를 XLPE로 하는 경우 기존의 MI(Mass Impregnated) 케이블에 비해 누설 전류가 적고 허용온도가 높아 송전용량이 증대되는 효과가 있어 HVDC 케이블의 절연체로 각광받고 있다.

그러나, XLPE 절연체는 누설전류가 작은 만큼 공간전하의 축적으로 인해 극성반전시 전계가 강화되어 절연열화의 발생 등 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, XLPE 절연체에 MgO 나노 컴파운드를 섞어 공간전하의 축적을 해소하는 재료의 개발이 이루어졌고[1], 국내에서도 연구 개발 중이다.

이와 같은 공간전하로 인한 문제를 평가하는 방법으로는 극성 반전시험 및 DC/임펄스 중첩 시험 등이 있으며 현재 IEC 규격이나 CIGRE 권고안으로 제정된 상태이다.[2,3]

따라서 본 연구에서는 시편 상태의 HVDC용 절연체 재료에 대한 평가의 DC/임펄스 전압 중첩시험을 위한 시스템 구성을 수행하였다. 이를 위해 먼저 시험 회로의 시뮬레이션을 수행하고 이를 토대로 실제 시스템을 구성하여 DC 전압과 임펄스 전압이 중첩되는지 확인하였다.

2. 본 론

2.1 실험준비

그림 1.(a)는 100kV급 AC 전압 발생장치를 통해 2단 반파정류회로로 DC를 만들어내기 위한 DC 고전압 발생장치이고, 그림 1.(b)는 200kV급 임펄스 전압 발생장치이다. 이 2 가지 고전압 발생장치를 하나로 엮어 중첩시험이 이루어지도록 하였다. 전압은 10000:1 용량·저항성 분압기를 통해 측정하였으며, 오실로스코프를 통해 확인하였다.

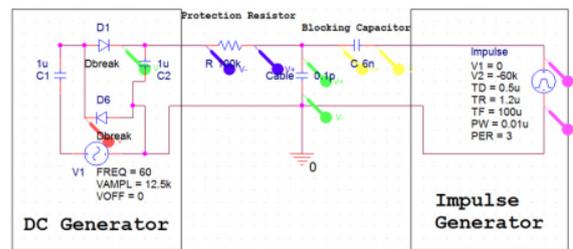
또한 본 실험 전 사전 시뮬레이션을 실시하였으며, 목적은 장비의 파손을 우려하였기 때문이며 문헌상에 나타난 중첩실험에 관련된 내용이 많지 않았기 때문이다. 사용된 프로그램으로는 P-spice를 이용하였다.



(a) 직류 고전압 발생장치 (b) 임펄스 고전압 발생장치
〈그림 1〉 중첩시험 시스템 구축을 위한 기본 고전압 발생장치

2.2 회로 시뮬레이션

장비의 손상을 방지하기 위해 중첩 시험회로는 별도의 보완대책이 요

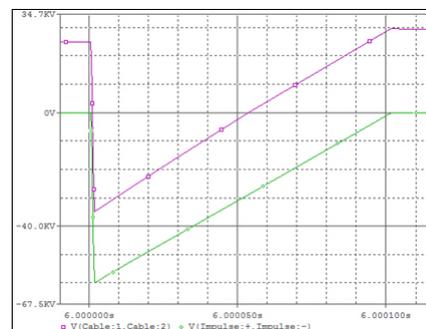


〈그림 2〉 중첩시험 P-spice 시뮬레이션 회로도

임펄스 장비의 방전 구 켜 스위치를 시뮬레이션 할 수 없어 이상적인 임펄스전압 발생장치를 위치시켰으며, DC 전원으로는 2단 반파 정류회로로 구성하였다.

회로 구성 시에 Blocking Capacitor의 경우는 시료보다 작은 값의 C를 가질 때 회로 분압원리에 의해 시료에 낮은 전압이 인가되는 경우가 발생하였다. 또한 Protection Resistor에서 거의 모든 임펄스전압이 걸려 있는 것을 볼 때 임펄스 전압 크기를 버틸 수 있는 고전압 저항이 필요하다는 점을 알았다. 아울러 Protection Resistor와 Blocking Capacitor의 경우는 여러 번의 시뮬레이션의 결과로 값을 정하였다.

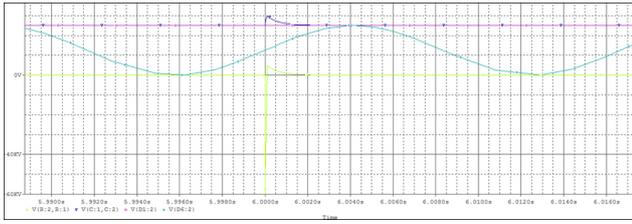
그림 3은 임펄스 전압과 정극성 DC + 부극성 임펄스 전압의 중첩 파형을 나타낸 것이다. 또한 그림 4는 Blocking Capacitor 및 보호저항 그리고 다이오드에 걸리는 전압을 확인한 파형이다. Blocking capacitor 및 보호저항으로 인해 상호간의 장비에는 영향을 크게 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.



〈그림 3〉 임펄스 전압 및 DC/임펄스 중첩 파형

2.3 중첩 파형 결과

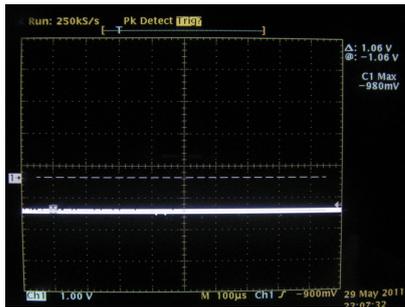
실제 중첩회로를 구성하고 파형을 확인하였다. 이때, 정극성의 임펄스 전압과 부극성의 DC전압을 인가하여 실험하였다.



〈그림 4〉 장비에 상호간의 간섭 확인 시뮬레이션

2.3.1 직류 고전압 발생

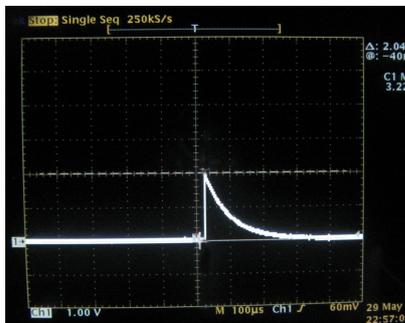
그림 5는 부극성 DC 전압만을 발생시킨 경우의 파형이다. AC전압 발생장치를 통해 유효전압인 3.7kV정도 인가하게 되면 피크값인 $3.7\text{kV} \times \sqrt{2} \times 2\text{단} = 10.4\text{kV}$ 가 발생한다. 10000:1 분압기를 이용하여 측정하였을 경우, 10kV 가 10,000:1 분압기를 통해 1V 정도로 측정되는 것을 볼 수 있다.



〈그림 5〉 부극성 10kV DC 전압 파형

2.3.2 임펄스 전압 발생

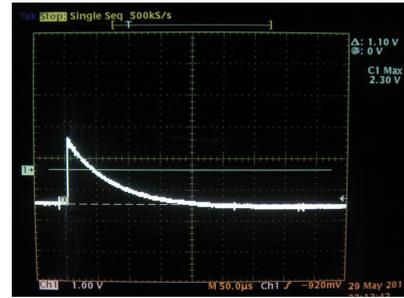
기본적으로 뇌 임펄스 전압파형은 파두 $1.5\mu\text{s}$, 파미 $50\mu\text{s}$ 로 정의된다. 그림 6은 임펄스전압 발생장치를 이용하여 전압을 인가한 뒤 오실로스코프로 측정된 파형이다. 파두 파미의 경우 오차범위 내의 파형을 보이고 있다. 전압은 20kV 이며, 10000:1 분압기를 사용하여 2V 정도의 전압이 측정되고 있다.



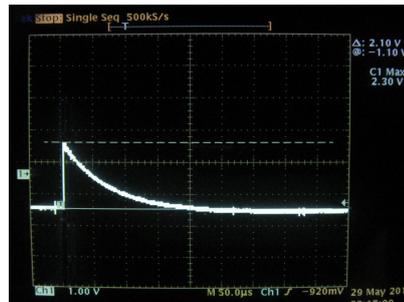
〈그림 6〉 정극성 20kV 임펄스 전압

2.3.3 중첩 파형

그림 7은 부극성 DC 전압 및 정극성 임펄스 전압의 중첩파형을 나타낸 것으로, 그림 7.(a)는 중첩파형중 부극성 DC 전압의 성분을 나타낸 것이고 그림 7.(b)는 정극성 임펄스 전압의 성분을 나타낸 것이다. 부극성 직류 전압이 인가되는 가운데 정극성 임펄스가 가해지는 것을 볼 수 있으며, 직류전압의 왜곡이나 임펄스 전압의 파형 특성이 그대로 유지되는 것을 볼 수 있다. 특히 DC와 임펄스 각 성분의 크기가 그림 5와 그림 6의 값을 유지하고 있는 것을 알 수 있다.



(a) 중첩파형의 부극성 DC 전압 레벨



(b) 중첩파형의 정극성 임펄스 전압 레벨

〈그림 7〉 부극성 DC 전압 및 정극성 임펄스 전압의 중첩파형

3. 결 론

본 연구에서는 HVDC 케이블용 XLPE 재료에 대한 평가 기법을 개발하기 위해 DC/임펄스 중첩시험 시스템을 구축하였다. 시스템 구성에 앞서 시뮬레이션을 통해 DC 발생장치 보호저항과 임펄스 발생장치의 Blocking capacitor의 적절한 값을 도출하였고, 이를 토대로 실험 시스템을 제작하였다. 중첩시험 파형 분석 결과, DC와 임펄스 전압의 형태와 크기를 유지하고 있어 DC/임펄스 발생장치 구축에 성공하였다. 향후 본 실험장치를 이용하여 DC XLPE용 절연재료의 평가에 활용할 계획이다.

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 전력산업원천기술개발사업 (2008T100200186) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Nagao et al, "Material Challenge of MgO/LDPE Nanocomposite for High Field Electrical Insulation" 2008 CIGRE General Session, Paper D1-301, 2008
- [2] "HVDC 케이블의 전기적 시험 평가 권고안" Electra 189
- [3] Electra 219