

13.8 kV XLPE 케이블의 절연파괴 원인 분석

김희동*, 박용훈*, 박재현**, 권재호**, 박덕현***
 한전 전력연구원*, 한국중부발전(주)**, 한국남동발전(주)***

Analysis of Insulation Breakdown Cause in 13.8 kV XLPE Cable

Hee-Dong Kim*, Yong-Hun Park*, Jae-Hyun Park**, Jae-Ho Kwon** and Deok-Hyun Park***

Korea Electric Power Corporation(KEPCO) Research Institute*, Korea Midland Power Co.**, Korea South-East Power Co.***

Abstract - 내연 발전기(50 MW, 13.8 kV) 출력단자에서 차단기까지 연결된 13.8 kV XLPE(cross-linked polyethylene) 케이블에서 운전중에 절연파괴로 인해 지락이 발생하였다. XLPE 케이블의 건전성을 확인하기 위해 절연저항과 절연진단 시험을 수행하였다. 교류전압을 1~10 kV까지 증가하면서 XLPE 케이블의 유전정접 측정결과 A상과 C상은 0.1%로 일정하게 측정되었다. 반면에 B상의 유전정접은 1 kV에서 0.54%, 2 kV에서 0.68%, 3 kV에서 0.82%, 4 kV에서 1.12%로 증가하였다. 그리고 교류전압을 약 4.3 kV 인가 중에 진단장비가 차단되었다.

그리고 교류전압을 약 4.3 kV 인가 중에 진단장비가 차단되었다.

1. 서론

XLPE(cross-linked polyethylene)는 고전압 전력케이블을 위한 절연재료로서 광범위하게 사용되고 있다. XLPE 케이블의 절연재료에서 수트리(water tree) 형성, 보이드(void) 및 오염 등과 같은 결함이 존재하면 절연내력은 현저하게 감소한다. 특히, 유전정접은 절연재료 내부에서 손실정도를 나타내는 매우 중요한 특성 인자이다. 일반적으로 유전정접 값은 절연물에서 열화가 발생함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있기 때문에 절연재료의 열화를 진단하기 위해서 유전정접 값의 변화를 측정하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 방법은 열화가 절연재료 전역에서 균일한 경우 즉, 유전정접 값과 절연열화 정도 사이에 좋은 상관성이 있음으로 유용한 진단기법이다[1, 2].

본 논문에서는 내연 발전기(50 MW, 13.8 kV) 출력단자에서 차단기까지 연결된 13.8 kV XLPE 케이블에서 운전중에 절연파괴로 인해 지락이 발생됨에 따라 그 원인을 분석하였다.

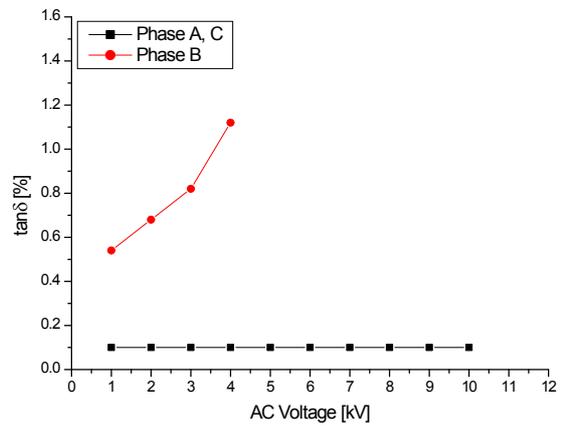
2. 시험방법

본 논문은 내연발전소에서 6년 동안 발전기 출력단자로부터 차단기까지 연결하여 사용하고 있는 13.8 kV급 XLPE 케이블(NEXANS, HFCO, 1000SQMM, 20 kV, 2009)에서 절연저항과 절연진단 시험을 수행하였다. XLPE 케이블의 길이는 대략 30m 정도이다. 교류전압을 인가하기 전에 XLPE 케이블에서 상별로 직류 5 kV를 인가하면서 절연저항(Automatic Insulation Tester, AVO International)을 측정하였다. 그리고 13.8 kV XLPE 케이블의 절연진단 시험을 위해 Mobile Insulation Diagnosis & Analysing System(MIDAS, Tettex, 2880)를 사용하였다. 절연진단은 주로 교류전류, 유전정접 및 정전용량 시험결과를 포함하고 있다.

3. 시험결과 및 고찰

내연 발전기가 출력 40 MW로 운전중에 지락고장 계전기(59N/67GN) 동작으로 인해 정지되었다. 발전기 출력단자에서 차단기까지 연결된 13.8 kV XLPE 케이블을 분리하고 고정자 권선의 건전성 여부를 판정하기 위해 절연진단 시험결과 삼상 모두 양호하게 분석되었다. 그래서 발전기 출력단자에서 차단기까지 연결된 13.8 kV XLPE 케이블의 절연저항을 측정한다. A, C 상은 각각 351GΩ, 369GΩ으로 양호하였다. B상은 172MΩ으로 측정되어 상대적으로 A, C상에 비해 현저하게 낮게 분석되었다.

절연진단 시험을 위해 상전압(8 kV)의 1.25배인 10 kV까지 교류전압을 1 kV씩 증가하면서 유전정접(tanδ)을 측정하였다. 그림 1에 나타난 바와 같이 교류전압을 1~10 kV까지 증가하면서 XLPE 케이블의 유전정접 측정결과 A상과 C상은 0.1%로 일정하게 측정되었다. 반면에 B상의 유전정접은 1 kV에서 0.54%, 2 kV에서 0.68%, 3 kV에서 0.82%, 4 kV에서 1.12%로 증가하였다.



<그림 1> XLPE 케이블의 tan δ -전압 특성



(a) 종단접속재



(b) PVC 외피 제거

<그림 2> XLPE 케이블의 절연파괴 발생

그림 2(a)에 나타난 바와 같이 XLPE 케이블 B상을 육안점검 결과 종단접속재에서 절연파괴 흔적을 확인할 수 있었다. 그림 2(b)는 XLPE 케이블 B상에서 PVC 외피를 제거하고 반도체층

표면을 나타내었다. 13.8 kV XLPE 케이블 지락사고는 전계가 집중되는 중단접속재 부근에서 발생하였다.

그림 3 (a), (b)에 나타낸 바와 같이 XLPE 케이블의 주절연물 표면에서 절연과피 부위를 나타내었다. XLPE 케이블 도체에 형성된 주절연물 내부의 보이드(void)가 전기적 열화에 의해 진진됨에 따라 최종적으로 절연과피의 주요한 원인이 되었다. 그림 3 (b)에 나타낸 바와 같이 XLPE 케이블의 주절연물을 제거하고 동도체 표면을 세밀하게 점검한 결과 바늘 구멍만한 핀홀(pinhole)을 확인하였다. 따라서 절연과피 형태가 동도체 표면에서 시작하여 외부로 진행된 것으로 분석되었다. 주절연물 내부의 보이드는 케이블 제조과정에서 발생한 것으로 사료되었다. 그리고 전계완화를 위해 설치된 접지 브레이드 스프링 클램프(ground braid spring clamp)의 이완으로 인해 절연과피를 가속시킨 것으로 분석되었다, 대부분 XLPE 케이블의 절연과피가 중단접속재에서 발생함으로 반드시 시공절차를 준수하여야 한다.



(a) 주절연물 표면



(b) 동도체 표면

〈그림 3〉 XLPE 케이블 주절연물의 절연과피

4. 결 론

13.8 kV XLPE 케이블 지락사고는 전계가 집중되는 중단접속재 부근에서 발생하였다. XLPE 케이블 도체에 형성된 보이드가 전기적 열화에 의해 진진됨에 따라 최종적으로 절연과피의 주요한 원인이 되었다. 따라서 절연과피 형태가 동도체 표면에서 시작하여 외부로 진행된 것으로 분석됨에 따라 내부의 보이드는 케이블 제조과정에서 발생한 것으로 사료되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Tsujimoto, M. Nakade, Y. Yagi, K. Adachi and H. Tanaka, "Development of the on-site diagnostic method for XLPE cable by harmonics in AC Loss Current", Proceedings of the 7th ICPADM, pp. 73~76, 2003.
- [2] 김희동, 공태석, 김경열, 남공찬, "6.9 kV XLPE 케이블의 결합상태 분석", 대한전기학회 전기물성·응용부문회 추계학술대회, p. 97, 2010.