

170kV GIS용 절연스페이스의 신뢰성 기반에 의거한 수명평가에 관한 연구

김한균¹, 임진석¹, 서왕벽¹, 김민규², 이정기², 배동호³
 일진전기(주)¹, 한국전기연구원², 성균관대학교³

A Study of Life Evaluation Based on Reliability Function for the Insulate Spacer of 170kV GIS

Han-Kyun kim¹, Jin-Seok Im¹, Wang-Byuck Suh¹, Min-Kyu Kim², Jung-Gi Lee², Dong-Ho Bae³
 ILJIN Electric Co., Ltd¹, Korea Electrotechnology Research Institute², Sungkyunkwan Univ³

Abstract - 산업사회의 발달과 정보통신의 발전 등으로 전송전압이 상승하고 도시의 인구 집중화 현상으로 전력설비의 대용량, 고전압으로 인해 가스절연개폐장치(GIS)의 사용도 증가하고 있다. 이에 따라 GIS를 구성하고 있는 중요부품 중의 하나인 절연스페이스의 사고도 증가하는 추세에 있어 한전 및 국의 사용자로부터 수명보증 등 신뢰성에 대한 공인 시험기관 성적서 또는 인증서가 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 한전의 표준규격(ES 150-579)에 따른 신뢰성평가기준에 부합되는 냉열시험과 장기과전압시험을 실시하여 절연스페이스의 체계적인 수명평가를 실시하였다.

1. 서 론

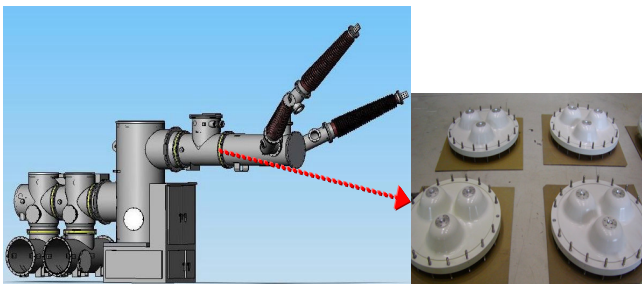
최근 고도 정보화 사회로의 발전과 생활환경, 사회기능의 전력 의존도가 증가함에 따라 전송 전압이 상승하고 도시의 인구 집중화 현상으로 전력설비의 대용량, 고전압화는 물론 설비의 소형화와 옥내화가 불가피하게 이루어지게 되었다. 따라서 변전기에서 사고가 발생하면 정전구역이 넓어지고 복구에 따른 경제적 손실뿐만 아니라 정전으로 인한 생산차질 및 사회에 미치는 영향이 커지게 되었다. 이에 부응하여 전기설비는 운전 및 보수의 간편화, 계통운용의 신뢰성과 안정성의 확보가 요구되고 모선, 차단기, 단로기, 접지개폐기, 변류기 등이 콤팩트하게 집약된 가스절연개폐장치(GIS)의 사용이 증가하고 있다.

이에 따라 GIS를 구성하는 중요부품 중의 하나인 절연스페이스의 사고발생도 증가하는 추세에 있어 한전 및 국의 사용자로부터 수명보증 등 신뢰성에 대한 공인 시험기관 인증서 (시험, 제품) 제출이 요구되고, 특히 수출협약시 보증수명 및 인증서 제출 요구가 증대되고 있다.

따라서 본 논문에서는 GIS를 구성하는 절연물 중 하나인 절연스페이스의 신뢰성을 확보하기 위해 한전의 표준규격(ES 150-579)과 RS C 0084에 따른 신뢰성평가기준에 부합되는 냉열시험과 장기과전압을 실시하여 B₁₀ 수명 25년의 보증수명을 체계적으로 입증하고, 절연스페이스의 건전성 수평평가를 실시하였다.

2. 본 론

그림 1에 보여지는 GIS의 절연스페이스는 내전압능력이 높은 것과 기계적 강도가 높은 것이 요구된다. 절연스페이스는 GIS 도체와 접지부인 외함을 지지해주고 또한, GIS내 가스구획을 구분하는 등 중요한 역할을 하고 있다. 알려져 있는 절연스페이스에서의 결함으로 공극(void), 크랙, 급속성 이물질이 절연스페이스에 부착되어 있는 경우가 있으며, 이러한 결함들에 의해 절연스페이스에서 부분방전이 발생하여 물리적, 화학적 변화를 일으키고 이러한 변화가 축적되면 절연체로서의 성능이 저하되어 열화현상을 빚게 된다. 이 치명적인 결함들을 조기에 발견하기 위해 여러 방법으로 연구가 진행되고 있다.



〈그림 1〉 GIS 및 GIS용 절연스페이스

본 논문에서는 절연스페이스가 한전 및 국의 사용자로부터 수명보증 등 신뢰성에 대한 인증서(시험, 제품) 제출을 요청하고 있고 세계시장 개척 및 점유율 제고를 위해서는 선진제작사와 동일 이상 수명 보증에 대한 신뢰성 보증 및 인증서 제출이 필수이기 때문에 170 kV급 GIS용 절연스페이스를 한전 표준규격(ES 150-579)과 신뢰성 평가기준 RS C 0084에 의거하여 냉열시험과 장기과전압 수명시험을 수행하여 절연스페이스의 보증수명을 평가하였다.

2.1 신뢰성 보증시험 조건

GIS용 절연물 중에서 절연스페이스 등 예폭시 소재 절연물의 장기신뢰성을 보증하기 위한 가속시험의 조건은 다음과 같다.[1]

- 수명분포 : 와이블 분포(형상모수 $\beta = 1.1$)
- 가속모델 : 역승모델(Inverse Power Model)
- 신뢰수준(Confidence Level) : C.L. = 0.9
- 시료수 : 2 ~ 5개
- 합격기준 : 무고장
- 보증수명 : B₁₀ 수명 = 25년

〈표 1〉 시료수 별 과전압 배수의 차이에 따른 가속수명 시험시간

과전압배수 시료수	1.4	1.5	1.6
2	8,850 (≈369 days)	2,935 (≈123 days)	1,045 (≈44 days)
3	6,120 (≈255 days)	2,030 (≈85 days)	725 (≈31 days)
4	4,710 (≈197 days)	1,565 (≈66 days)	560 (≈24 days)
5	3,850 (≈161 days)	1,275 (≈54 days)	455 (≈19 days)

표 1에서 얻어진 가속조건에서의 시험시간 중에서 시험조건에 제시된 여러 계수들의 적합성이 확인될 수 있도록 장시간 영역인 1,000시간 이상이 최저 가속시험시간이 되는 조건에서 사용자인 한전과 협의하여 시료수 2개, 과전압배수 1.6을 적용하여 1,045시간 시험을 실시하였다.

2.2 가속수명시험

수평평가를 위한 가속수명시험이란 시험시간을 단축할 목적으로 기준보다 가속한 조건에서 실시하는 시험으로 정의할 수 있으며(KS A 3004), 실 사용조건보다 가속한 조건 (온도, 습도, 진동, 전압, 전류) 또는 사용률을 높여 시험하여 빠른 시간 내에 설계 완성도를 평가하거나 수명(신뢰도)을 평가하기 위한 시험이다.

짧은 시간 내에 수명에 관한 더 많은 정보를 수집하여 사용조건에서의 수명을 빠른 시간 내에 추정이 가능하며, 개발검증 및 양산검증 시험의 평가와 납기단축, 신속한 신뢰성평가 및 확인, 잠재적 고장모드, 설계의 Weak Point를 드러나게 하는 시험방법이다.

362 kV이하 GIS용 절연스페이스에 대한 신뢰성평가 기준인 RS C 0084의 8.3에 따라 장기과전압에 의한 냉열시험 및 장기과전압수명시험을 실시하여 170 kV GIS용 절연스페이스의 신뢰성평가를 수립하였다.

2.2.1 냉열시험

냉열시험의 시료수는 동일 제품에 대해 각 5개씩으로 하여 시험온도의 조건을 (-30+5) °C에서 4시간 이상 유지하고, 상온에서 2시간 유지 후 다시 고온(105+5) °C에서 4시간 이상 유지를 1 사이클로 하며, 동일

