

불평등 전기에서 SF₆/N₂의 초고압 AC전압 절연내력 시뮬레이션

허창수, 이병택, 최순호, 심명섭, 안정식, 황청호, 장용무*

인하대학교, 한양대 퓨전전기기술응용연구센터*

Abstract : In these days SF₆ mixtures and alternative gas has been studied because of global warming. so although many studies have been carried out about binary gas mixtures with SF₆, few studies were presented about breakdown characteristics of SF₆/N₂ mixtures. In this paper, breakdown experiment values and breakdown simulation value are compared. Streamer theory was used for predicting breakdown voltage. For accurate simulation, this simulation apply utilization factor using CST program. AC breakdown experiments in non-uniform field was performed to compare with the breakdown simulation values. But with gap lengths increasing, the breakdown voltage is saturated. So simulation need surface roughness factor

Key Words : Breakdown Characteristics, simulation, SF₆, N₂

1. 서론

SF₆ 가스는 지구 환경을 고려하였을 때 GWP(Global Warming Potential)가 23900배(CO₂=1배)로 심각한 문제가 되고 있어 교토의 정서(2005.2)에 의해 SF₆가스가 온실가스로 지정되었다. . 현재 SF₆가스의 사용량을 줄이면서 어느 정도의 절연내력을 유지하기 위해 SF₆가스에 N₂, CO₂, Dry-Air, PEC 등 완충 가스를 혼합하는 방법이 많이 연구되고 있다. 현재 가장 많이 쓰이고 개발된 혼합가스는 SF₆/N₂로써 해외에서는 오래전부터 많은 연구가 되어왔다.

앞으로 GIL과 같은 초고압 전력선이 개발됨에 따라 혼합가스의 초고압, 장래에서의 절연내력 실험 예측은 필요하다. 또한 전기기들의 절연설계에 큰 도움을 줄 수 있다.

2. 본론

스트리머 이론을 이용한 예측식은 N. H. Malik, T.Nitta등 논문에서 밝혀져 왔다.[1]

$$V_d = (E/P)_{lim} \cdot u \cdot P \cdot d \left[1 + \frac{C_m}{\sqrt{pR}} \right] \quad (1)$$

SF₆/N₂ 비율이 20:80일 때 (E/P)_{lim} 값은 602.1V(cm·kPa)⁻¹ Cm 값은 2.10(kPa·cm)^{1/2}으로 알려져있다.[3.] 이 예측식에서 전기이용률은 기존의 유한요소법이 아닌 CST 프로그램을 이용하여 구하였다. 하지만 아직까지 예측식과 실측치와의 차이는 현저하였다.

특히 갭간격에 의해 차이가 더 벌어졌는데 그 이유를 다음 수식을 참고하여 보정하였다.

$$n = n_0 e^{ad} \quad (2)$$

(1)식은 전기장도가 실효전기계수가 0인 지점(a-n)에서 전자어벌런치에 의해 급속히 일어나는 점을 절연파괴전압으로 하였다. 하지만 그 지점 이상으로 전기장도가 상승할 경우 (2)의 식을 보면 실효전기계수가 0이 아니기 때문에 거리에 따라 급속히 전자수가 급속히 증가한다, 그러므로 거리에 따라 선형적으로 증가하기 보다는 exp 함수에 의해 포화되는 보정을 해야 한다. d를 다음과 같이 보정하였다.

$$d' = d \cdot a \cdot e^{bd}$$

a=1.019, b=-0.08439

3. 결과 및 고찰

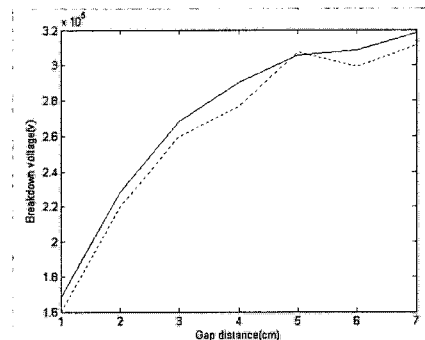


그림 1. SF₆/N₂ 혼합가스의 0.4 MPa 절연파괴전압 실측치와 시뮬레이션 값과의 비교

위의 결과는 0.4 Mpa 에서의 실측치와 예측치를 비교한 그래프이다. 실선이 예측값이고 점선이 실측값이다. 상대오차는 7%이다. 하지만 보정식을 적용하였어도 0.5Mpa,에서는 14%, 0.6Mpa에서는 23%로써 압력이 증가할수록 오차가 증가하였다.

4. 결론

압력이 증가할수록 오차가 커지는 이유를 표면 거칠기의 영향에서 찾을 수 있다. 이러한 영향을 보정하기 위해서 표면 거칠기 factor를 적용하여야 한다. [2]

$$E_0 / p = \xi (E / p)_{lim} \quad \text{with } 0 < \xi \leq 1$$

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 전력기반조성사업센터 (R-2007-01-011) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] N.H.Malik, A.H.Qureshi, "Calculation of Discharge Inception Voltages in SF₆-N₂ Mixtures", IEEE Trans. Electr. Insul, Vol EI-14 No 2 April, 1979
- [2] O. Farish, "Effect of electrode surface roughness on breakdown in nitrogen/SF₆ mixtures" first received 14th January and in revised form 24th June 1976