

불평등전계중에서 진동성 임펄스전압에 대한 SF₆가스의 절연특성

이복희, 길경석, 황교정*
 인하대학교 공과대학 전기공학과

Dielectric Characteristics of SF₆ gas Stressed by the Oscillating Impulse Voltage in the Non-uniform Electric Fields

Bok-Hee Lee, Gyung-Suk Kil, Kyo-Jung Hwang*
 Dept. of Electrical Eng., Inha University

Abstract

This paper describes the dielectric characteristics of SF₆ gas in non-uniform electric field under lightning impulse and oscillating impulse voltages. The breakdown voltage-time characteristics and the breakdown voltage-pressure characteristics are measured over a pressure range extending from 0.1 to 0.5 [MPa] for the coaxial electrode with a needle protrusion. The curvature radius of needle protrusion is 0.3 [mm]. Also, the growth of the predischage is simultaneously observed. As a result, the polarity effect is pronounced, and the breakdowns voltage under the oscillating impulse voltage are higher than those under the lightning impulse voltage. It is found that the breakdown mechanism and predischage phenomena are closely related with the polarity and waveforms of the testing voltage.

1. 서론

산업사회의 발달로 전력의 수요가 급증하고 있을 뿐 아니라 문화생활이 향상됨에 따라 전력의 이용에 있어서 신뢰성이 높은 양질의 전기에너지에 대한 욕구가 가속화되고 있다. 최근 전력전송전압이 격상하고 있는 추세이며, 전력설비의 대용량·고전압화는 물론 운전 및 보수간의 간편화, 계통운용의 신뢰성과 안정성의 확보가 요구되어 고효율적 운전특성이 우수한 SF₆가스를 절연재료로 사용하는 가스절연개폐시스템의 사용이 늘어나고 있다. 그러나 실제의 GIS설비에서는 급준성 과도과전압(VFTO)이 발생하므로 이에 대한 SF₆가스의 절연특성을 파악하는 것은 고전압 기기의 절연설계의 합리화와 절연협조에 있어 대단히 중요하다.

급상승시간을 가지며 고주파 성분을 포함하는 VFTO에 대한 SF₆가스의 방전진전과정은 매우 복잡하고, 특히 불평등전계중에서 SF₆가스의 절연내력은 대단히 저

하되는 문제점이 있다.^[1] 그러므로 불평등전계중에서의 급준성 과도과전압에 대한 SF₆가스의 절연파괴특성과 방전진전현상에 대한 파악이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 GIS모의 실험장치를 사용하여 바늘모양의 급준성 이물에 의한 불평등전계중에서 표준 뇌임펄스전압 및 진동성 임펄스전압에 대한 SF₆가스의 절연파괴전압-시간특성과 절연파괴전압-압력특성을 측정하였다.^{[2][3]} 또한 고압답 팽대역 분류기를 이용하여 방전전류를 측정함으로써 전구방전현상을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용된 GIS모의 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

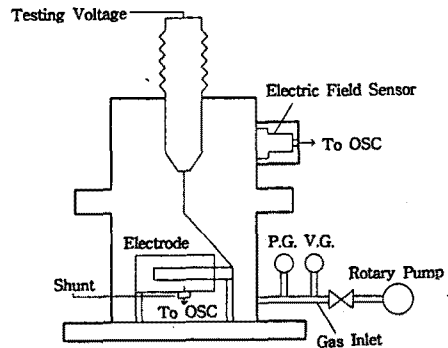


그림 1. 실험장치의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of the experimental set-up

실험전압으로는 400 [kV]급 Marx형 임펄스발생장치와 방전갯, 고압용 콘덴서 및 인덕터를 조합하여 진동성 임펄스전압의 발생이 가능한 회로를 구성하여 사용하였다. 실험전압을 측정하기 위하여 장치 상단에 용량성 전계센서를 장착하였고, 전극은 동축원통의 배치로 하였으며, 이 전극내에 침전극을 설치하였다. 전극계의 의

부요인을 최대한 제거하고 변위전류성분을 극소화하여 순수 전도전류만을 측정하기 위하여 침전극을 원통전극과 절연시켰다. 외부원통의 반경은 54 [mm], 내부원통의 반경은 17 [mm]이고, 침전극의 길이는 15 [mm]이며, 전극간 거리는 22 [mm]로 하였으며, 침전극의 곡률 반경은 0.3 [mm]이다. 침전극에는 고용담 50 [Ω] 분류기를 설치하여 전구방전전류를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

실험에서는 1.7/44 μ s의 표준뇌임펄스전압과 상승시간이 약 400 [ns], 진동주파수가 1.14[MHz]인 진동성 임펄스전압을 사용하였다. 그림 2에는 진동성 임펄스전압의 인가시 절연파괴전압 파형의 예를 나타낸 것이다.

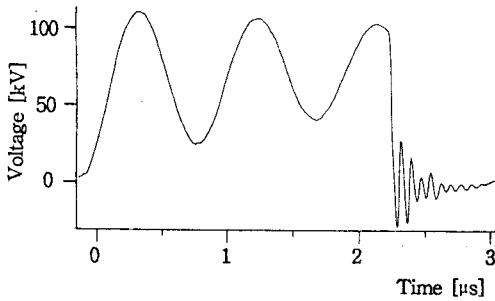


그림 2. 진동성 임펄스전압 파형의 예

Fig. 2. A typical waveform of the oscillating impulse voltage

두 종류의 실험전압에 대해 극성을 달리하여 금속성 이물질에 의한 불평등전계중에서 SF₆가스의 V-t특성, V-p특성 및 전구방전현상을 측정하였고, 실험결과에 있어 극성은 바늘 모양의 돌기물을 기준으로 하였다.

3.1 절연파괴전압-시간특성

그림 3은 실험장치내의 SF₆가스압력을 0.25 [MPa]로 했을 때의 절연파괴전압-시간특성을 나타낸 것이다.

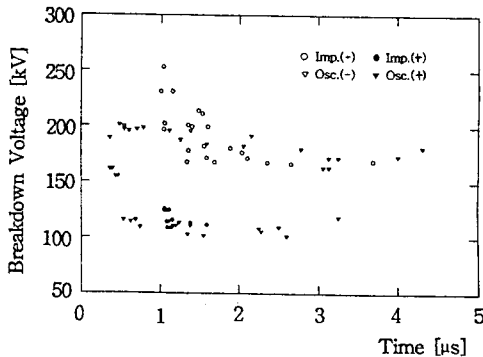


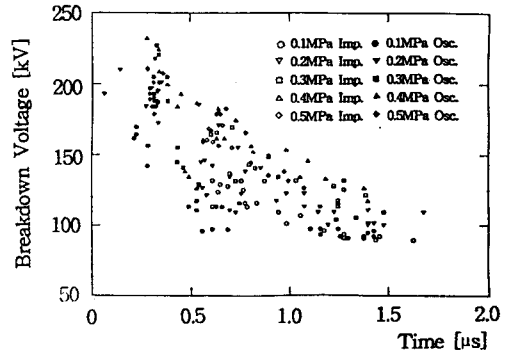
그림 3. SF₆ 가스의 V-t 특성

Fig. 3. V-t characteristics of SF₆ gas

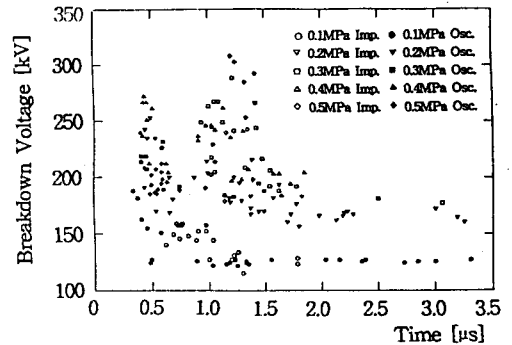
이 때 V-t특성은 IEC-60.2 규정에 의거하여 절연파괴 시간은 전압이 인가되어 섬락이 일어나기까지의 시간을, 절연파괴전압은 섬락이전에 시험점에 인가된 최대전압을 취하였다. 실험전압의 파형에 관계없이 부극성일 때가 정극성일 때보다 절연파괴전압이 훨씬 높다. 그리고 표준뇌임펄스전압보다는 진동성 임펄스전압일 때가 동일한 시간대에서 절연파괴전압이 약간 높고 넓은 시간 영역에 분포한다는 것을 알 수 있다. 이는 진동성 임펄스전압을 인가시에 진동파의 상승부 외에도 제2, 제3 피크치 부근에서 섬락이 발생하는데, 방전의 시간 지연과 파미진동이 방전전전에 영향을 미치기 때문이다.

SF₆가스압력을 0.1 [MPa]~0.5 [MPa]로 변화시키고 표준뇌임펄스전압 및 진동성 임펄스전압의 극성에 따른 V-t특성을 그림 4에 나타내었다.

정극성에서는 압력이 증가하여도 절연파괴까지의 시간은 거의 같았다.



(a) Positive



(b) Negative

그림 4. V-t 특성의 극성의존성

Fig. 4. Dependence of V-t characteristics on the polarity of applied voltage

3.2 최저절연파괴전압-압력특성

정·부극성의 표준뇌임펄스전압과 진동성 임펄스전압에 대해 SF₆가스압력을 변화시켜 가면서 최저절연파괴전압을 측정 한 결과를 그림 5에 나타내었다.

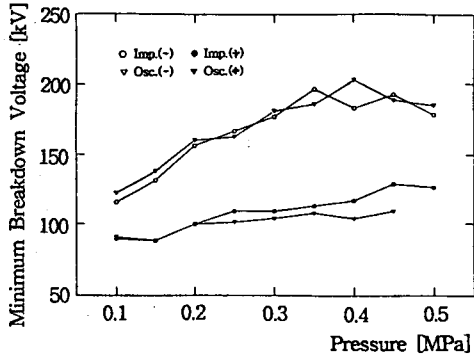


그림 5. SF₆가스의 최저절연파괴전압-압력특성

Fig. 5. The minimum breakdown voltage-pressure characteristics of SF₆ gas

부극성일 경우가 정극성일 경우보다 최소절연파괴전압이 현저하게 높음을 알 수 있다. 이는 전구코로나방전의 전전기구나 공간전하효과에 의한 전계완화작용의 극성의존도가 다르기 때문이다. 정극성일 때는 최저절연파괴전압이 기압의 증가에 따라 점차 증가하지만, 부극성에서는 약 0.4 [MPa] 이상에서는 약간 감소하였다. 정극성의 경우가 부극성에 비하여 압력의존성이 적은데, 부극성에서는 초기전자의 발생과 방전진전과정이 압력의 변화에 더욱 판연성을 가지기 때문이다.

3.3 전구방전현상

그림 6에는 정극성의 표준뇌임펄스전압에 대해 압력을 0.15 [MPa]로 하였을 때, 분류기에 의해 관측된 전구방전전류의 측정파형의 예를 나타내었다.

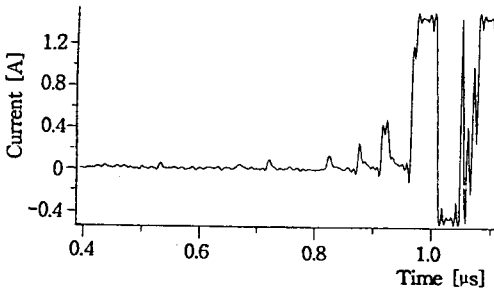


그림 6. 정극성에서의 전구방전전류 파형의 예

Fig. 6. A typical waveform of the pre-discharge current in the positive polarity

전구방전전류는 인가전압의 극성에 큰 차이를 보이고, 가스압력에 따라 변화하였다. 정·부극성 모두 초기 스트리머에 의하여 개시된 리더의 진전에 의하여 섬락에 이르는 것으로 관측되었다. 초기 코로나전류의 크기는 압력의 증가에 따라 감소하였으며, 리더스텝간격은 좁아지는 특성이었다.^[4]

4. 결론

바늘모양의 금속성 돌기물에 의한 불평등전계중에서 표준뇌임펄스전압 및 진동성 임펄스전압에 대한 SF₆가스의 절연특성과 전구방전현상을 측정하고 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 절연파괴전압-시간특성을 측정한 결과 절연파괴전압은 진동성 임펄스전압의 경우 표준뇌임펄스전압보다 약간 높음을 알 수 있다.
- (2) 최저절연파괴전압-압력특성으로부터 극성효과가 현저하였으며, 부극성에서의 압력에 대한 의존도가 정극성에서보다 더 큼을 알 수 있다.
- (3) 극성효과는 전구코로나방전의 전전기구에 기인됨을 확인하였다.
- (4) 전구방전현상을 관측한 결과 SF₆가스의 절연특성과 밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] Bok-Hee Lee, et al, "Particle-Initiated Breakdown Behaviours of SF₆ Gas under the Very Fast Transient Overvoltages," Teh 2nd Asian Conference on Electrical Discharge, pp. 67~70, 1989
- [2] S. Kobayashi, et al., "Nonuniform electric field flashover characteristics of GIS against very fast transient overvoltages", 7th ISH, No. 31.03. pp. 17~20. 1991
- [3] B. H. Lee, et al., "Breakdown Characteristics of SF₆ Gap Disturbed by a Metallic Protrusion under Oscillating Transient Overvoltages", J. Appl. Phys., Vol. 33, pp. 2043~2049
- [4] 이복희, 백용현 : "진동성과도전압에 대한 SF₆가스의 절연특성", '92 춘계기체방전심포지움, pp. 8~12. 1992