

고전계하에서 유전체 전극에 나타나는 코로나 현상

김정달 · 이덕진 · 주성철 · 정장근 · 장기혁 · 이세훈*
경남대학교 대원전문대학교*

Corona Discharge Phenomena on the Dielectric Electrodes in High Field

Jung-Dal Kim · Duck-Jin Lee · Sung-Cheol Joo · Jang-gun Jung · Gi-Hyuk Chang · Sae-Hun Lee
Kyungnam UNIV. DaeWon Coll.

Abstract -When dielectric surface electric field exceed any electric field strength on air, corona discharge is occurred from the dielectric surface. This paper presents corona discharge phenomena on the dielectric in high field were studied under application of \pm DC voltage, constitute of the point to plane 20mm gap.

The results obtained in experimental are summarized as follow :

- ① Corona pulse is appeared periodically after first corona pulse is occurred and the number of corona pulse increases with the instantaneous applied voltage but peak value is not changed greatly.
- ② Applied voltage to beccrite and characteristics and peak value of current are almost a straight line. That kind of tendency accorded with characteristics of beccrite' resistance.
- ③ In case of Positive corona, Positive streamers, were progressed greatly to plane electrodes but In case of negative corona, negative streamers smaller than that of Positive corona

1. 서 론

고전압 하에서 발생하는 코로나는 절연파괴를 촉진하며 절연설계를 하는데 많은 어려움을 준다. 코로나(Corona)는 국부파괴(Partial Breakdown), 불완전파괴(Uncomplete Breakdown)등으로도 불리어지고 있다.

코로나의 발생조건은 전계분포가 불균일하고 코로나를 발생시킬 충분한 전위경도의 값을 가져야 하며, 특히 코로나를 안정하게 지속시키는 조건은 전계상황에 의존한다. 또한, 코로나는 전극의 형상, 크기, 거리에 영향을 받는다. 코로나의 현상은 빛, 소리, 전류, 에너지손실, 라디오잡음 및 화학반응등으로 나타나므로 이들의 값을 측정하거나 관측함으로써 분석할 수 있다[1][2][3].

대기 중에서 유전체 표면 전계가 어떠한 전계강도를 넘으면 그 표면으로부터 코로나 방전이 발생한다. 실제 고체 유전체를 붙인 고전압 전극에 전압을 인가 할 경우 절연판의 에지에 미약한 발광이 인지되는 것을 볼 수 있는데, 이것을 유전체 표면에 나타나는 코로나 방전이라 한다[4][5].

고전압 충전부와 접지사이에 전기적 절연과 기계적 강도를 유지하기 위해 반드시 설치되는 것이 고체 유전체이며, 여기서 발생하는 코로나는 고전압 장치에 이상 전자의 발생으로 기기의 내압 저하를 초래할 우려가 있다. 현시점의 고전압 기기의 절연설계에 있어서 도체부분의 전계감소를 위해서는 많은 노력을 하지만, 유전체 표면전계에 대한 연구는 미흡하다[6][7].

따라서 본 논문은 \pm DC 고전계 하에서 유전체 전극에 나타나는 코로나 방전 현상의 변화과정을 이해하고, 실험을 통해 그 세부특성을 세밀히 조사하여 유전체 전극의 방전기구를 규명해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 실험장치의 구성도는 그림 2.1과 같다. 실험 전압원은 일본 Pulse사의 \pm DC 100[kV], 5[mA]이며, 100[M Ω]의 전류제한 저항을 거쳐 방전모델의 상단에 전압을 인가하였다.

인가전압의 측정은 고전압 푸로우브를 통하여 디지털 전압계로 측정하였으며, 전류 펄스의 측정은 대향전극인 평판전극 하부에 50[Ω] 저항 양단의 전압강하를 미국 Lecroy LC334A 500[MHz] 오실로스코프 시스템으로 측정 분석하였다.

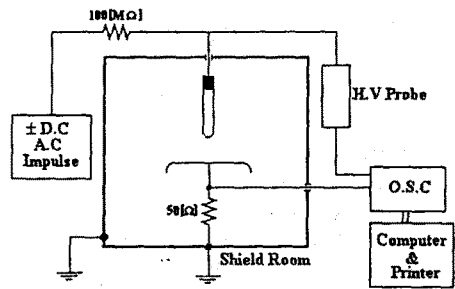


그림 2.1 실험장치
Fig.2.1 Experimental Apparatus

코로나 펄스 측정시 외부 노이즈를 차폐하기 위해 140×140×180[cm]의 Shield Room내에 방전기구를 설치하였다. 실험에 사용한 봉대 평판 전극계의 평판전극은 직경 750[mm]의 스테인레스를 사용하고, 전극표면을 사포(CW1000)로 연마한 후 Al₂O₃(1[μ m])분말로 경면처리 하였다.

전압의 인가는 최초 코로나 전류펄스 발생까지 서서히 상승시키고, 초기 펄스발생 이후, 전압을 100[V/s]씩 매우 미세하게 상승시키며 이 때 발생하는 코로나 펄스 파형 및 펄스발생빈도를 오실로스코프 상에서 관찰하고 수집된 데이터는 컴퓨터에 저장한 후 분석하였다.

봉전극은 실제 고전압 기기 설계에 사용되는 백크라이트를 사용하였으며, 직경 5[mm], 길이 50[mm], 곡률반경 2.5[mm]로 가공하여 분석하였다.

전극 구성은 측정을 용이하게 하기 위해 봉대 평판전극의 불평등전계로 구성하였고, 갭 간격은 20[mm]로 고

정시킨 후 그 특성을 측정하였다.

본 논문은 같은 챔에서 백크라이트에 인가전압 $\pm DC$ 를 증가할 때 나타나는 초기 전자방출에 의한 코로나 펄스를 측정하고, 전압상승에 따른 코로나펄스의 성장과정을 비교 분석하였다. 또한, 봉전극 선단에 나타나는 미세한 불꽃을 카메라로 촬영하여 코로나 펄스와 비교함으로써 그 성장 과정을 확실히 규명하고자 하였다.

2.2 실험 결과

2.2.1 코로나 펄스 파형

그림 2.2는 $\pm DC$ 에서의 정·부 코로나펄스의 파형을 비교하여 나타내었다. +DC에서의 초기 펄스 파형은 +16.9[kV]에서 나타났으며, 인가전압을 상승시킴에 따라 펄스 수와 피크치는 매우 미세한 증가를 보여 주며, +17[kV] 이후 그림 2.2(1)과 같은 점진적인 성장을 나타내었다.

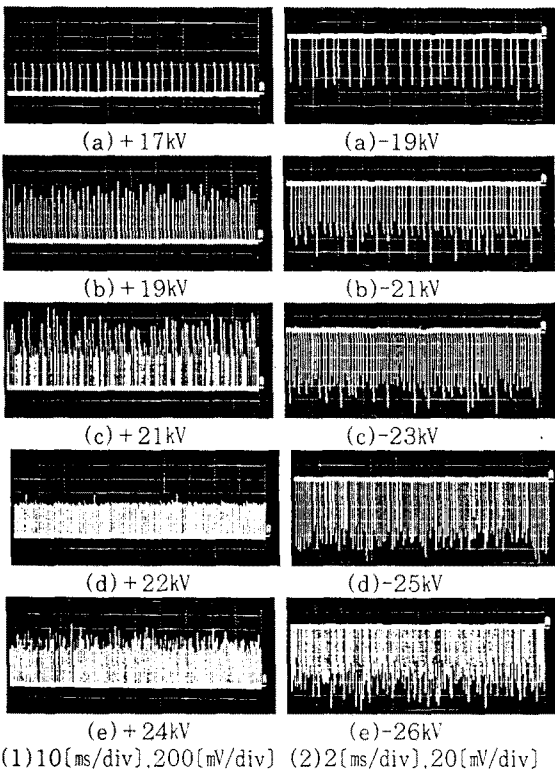


그림 2.2 정·부 코로나 펄스 파형

Fig.2.2 Comparison of Corona Pulse on Positive and negative

정 코로나펄스 성장 중 펄스의 피크치는 +21[kV] 근처에서 갑작스런 감소를 보이며, 그 후 다시 성장한다. 반면 펄스빈도는 여전히 일정한 증가를 나타낸다.

-DC에서는 초기 펄스 파형이 -18.8[kV]에서 나타났으며, 전압증가에 따라 펄스 피크치가 서서히 증가하고 -19[kV] 이후 그림 2.2(2)와 같이 펄스의 피크치는 거의 증가하지 않고, 펄스 수만 증가하는 것을 볼 수 있다.

정·부 코로나의 모든 코로나 펄스는 단일 펄스 파형으로 펄스의 피크치는 정 코로나: 약 4[mA], 부 코로나: 약 0.4[mA]으로 정 코로나 임펄스의 크기가 부 코로나의 크기 보다 약 10배 정도 크다.

2.2.2 전류 (I)-전압 (V) 특성

백크라이트 전극선단에 인가한 전압(kV)과 챔을 통한 전류의 피크치(mA)의 특성을 그림 2.3에 나타내었다.

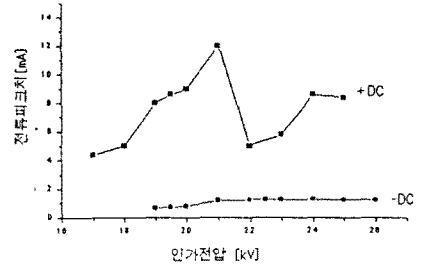


그림 2.3 인가전압에 따른 전류 피크치
Fig.2.3 Peak value of current with applied voltage

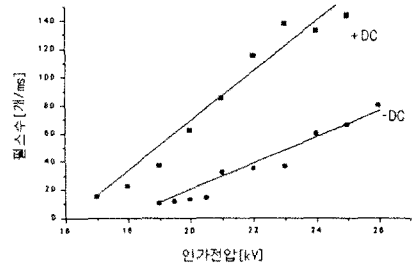


그림 2.4 인가전압에 따른 펄스 수
Fig.2.4 A number of Pulse with applied voltage

+DC의 경우 초기펄스 발생 이후 코로나 펄스의 피크치는 거의 선형적으로 증가하다가 21(kV)에서 급속히 감소하고, 다시 서서히 증가하며 반복된 주기를 보여주고 있다. -DC에서는 코로나 펄스가 초기펄스 발생 이후 펄스 피크치는 거의 변하지 않는 것을 볼 수 있다.

그림 2.4는 백크라이트 전극에 인가전압(kV)의 증가에 따른 펄스 수를 나타내었다. 코로나펄스의 수는 정·부 모두 거의 선형적으로 증가하였으며, +DC에서는 23[kV], -DC에서는 26[kV] 이후에서는 그 변화가 비슷하고 절연파괴로 이어지는 위험 때문에 실험을 중단하였다.

2.2.3 코로나 발광 현상

본 실험장치에 챔 인가전압을 증가시키면 백크라이트 전극 선단에 미약한 발광을 볼 수 있다. 그림 2.5는 인가전압의 증가에 따른 정·부 광 코로나의 모양을 나타내었다. 실험장치의 Shield Room 내에 카메라(NIKON FM 2)를 설치하고, 빛을 완전히 차단시키기 위해 암막커튼으로 둘러싼 후 전극선단에 나타나는 광 코로나를 사진으로 현상한 것이다.

광 코로나의 미세한 발광의 관측을 용이하게 하기 위해 카메라의 노출시간을 5분으로 하고, 인가전압을 $\pm DC$ 20, 22, 24[kV]로 변화시켜 백크라이트 선단의 광 코로나를 촬영하였다.

백크라이트 전극 선단에 +DC를 인가한 정 코로나의 경우는 그림 2.5(a, b, c)와 같이 브러시 형태로 점진적으로 증가하여 대향 평판전극으로 진전하고 있음을 볼 수 있다.

-DC를 인가한 부 코로나의 경우는 그림 2.3(a*.

b*, c*) 와 같이 대향전극으로 크게 진전하지 않고, 정 코로나에 비해 진전이 매우 짧음을 알 수 있다.

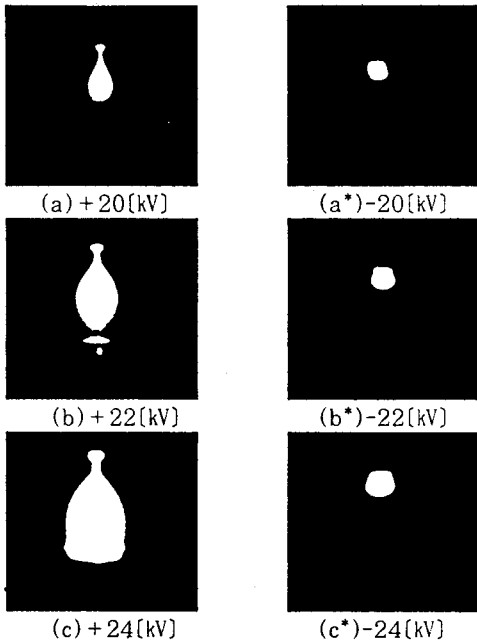


그림 2.5 인가전압에 따른 정·부 광 코로나
Fig.2.5 Light of Positive and Negative Corona with applied voltage

2.2.4. 고찰

위에서 서술한 것과 같이 백크라이트 전극 코로나는 통상 금속전극 코로나의 특징과 비교해서 현저히 다르다. 본 실험은 백크라이트 전극선단 곡률반경 2.5[mm], 갭길이 d=20[mm]인 특정조건에서 얻어진 백크라이트 전극에 나타나는 코로나의 특징은 다음과 같다.

(1) 그림 2.2.에서와 같이 코로나 개시전압 이상에서 정·부 코로나 모두 주기성이 양호한 파형이 나타나며, 코로나 펄스 수는 전압증가와 함께 증가하는 반면, 펄스의 피크치는 그다지 변화하지 않는 것으로 보아 전압의 존성이 극히 적음을 볼 수 있다.

+DC인가시 정 코로나 펄스가 성장하다가 약 +22[kV]에서 안정화된 후 코로나의 재 성장을 볼 수 있다. 그러나, -DC에서는 이러한 코로나의 안정화 과정이 나타나지 않는다.

(2) 그림 2.3.에서와 같이 백크라이트 전극에서의 초기 펄스 개시는 부 코로나에 비해 정 코로나에서 먼저 발생하고 코로나 전류의 크기도 부 코로나에 비해 10배정도 크게 발생했으며, 그림 2.4.에서와 같이 그 펄스 빈도는 일정한 증가를 보여주고 있다.

백크라이트 단자에 인가한 전압과 갭을 통하는 전류의 피크치는 정 코로나의 경우에 거의 선형적으로 증가하다가 21[kV]에서 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다.

이것은 인가전압이 코로나 개시전압에 도달하면, 전자 사태에 의해서 생성된 전자가 백크라이트 선단 표면에 부착되고 백크라이트 자체 저항에 의한 전압강하로 백크라이트 선단 공간전계를 저하시켜 코로나 방전을 억제시킴으로서 발생하는 초기전자의 부족 때문이다.

이와 같은 현상으로 코로나의 성장과 소멸이 반복되어 일정한 주기성을 가진다. 이러한 성장과 소멸의 중요한 파라메타는 백크라이트 자체저항과 백크라이트 선단부와 대지간의 정전용량이다.

(3) 그림 2.5.에서와 같이 인가전압의 증가에 따른 백크라이트 전극 선단의 광 코로나는 정과 부가 확연히 다른 것을 볼 수 있었다.

정 코로나의 경우는 브러시 형태로 증가하여 점진적으로 대향 평판전극을 향해 진전하고 있지만, 부 코로나의 경우는 대향 평판전극을 향하여 크게 진전하지 못하고, 정 코로나에 비해서 그 진전이 매우 짧게 나타나는 것을 알 수 있다.

이것은 그림 2.2.에 나타나는 코로나 펄스와 비교된다. +DC의 경우는 초기전자 방출이후 전압의 증가에 의한 펄스수의 증가에 따라 광 코로나가 평판전극을 향해 브러시형태로 성장한다. +22[kV]에서 펄스가 안정화되고 광 코로나 선단이 타원모양으로 나타난다. 그 이후의 인가전압에서는 다시 평판을 향해 중 모양으로 성장하는 것을 볼 수 있다. 그러나, -DC의 경우는 전압인가에 따라 펄스 피크치의 변화가 거의 없고, 광 코로나의 성장도 큰 변화를 보이지 않는다.

3. 결론

백크라이트봉(선단곡률반경 2.5mm, 봉길이 50mm) 대 평판(직경 750[mm] 스테인레스강) 갭(갭길이 20mm)에 ±DC를 인가하면, 백크라이트 전극 선단에 간결한 코로나방전이 발생한다. 이 코로나방전에 의해 내려진 결과는 다음과 같다.

- (1) 코로나 개시전압 이상에서 임펄스는 주기적으로 발생하고, 코로나펄스 수는 전압증가와 함께 증가하지만 피크치는 그다지 변화하지 않는다.
- (2) 백크라이트 단자에 인가한 전압과 갭을 통하는 전류의 피크치와 빈도 수는 거의 선형적으로 증가한다.
- (3) 백크라이트 선단에 +DC를 인가한 정 코로나의 경우는 인가전압[kV]의 증가에 따라 정 스트리머가 평판전극으로 진전하였지만, -DC를 인가한 부 코로나의 경우는 정 코로나에 비해서 진전이 매우 짧다.

[참고 문헌]

- [1] J.M. Meek, J.D. Craggs, "Electrical Breakdown of Gases", JOHN WILEY & SONS, 1978.
- [2] Brian Chapman, "Glow Discharge Process", JOHN WILEY & SONS, 1983.
- [3] A.Goldman, M.Goldman, "Study of the charge Build-Up in a Point-to-plane Corona gap", ED-87-55
- [4] 田春生, "放電·高電壓工學", 東明社, 1988.
- [5] L.Niemer, L.Ullrich, N. Wiegart, "The Mechanism of Leader Break-down in Electronegative Gases", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol.24 No.2, April 1989.
- [6] 中村信幸 御所康七 遠藤正雄, "誘電體表面に現れるコロナ放電", ED-93-203
- [7] 中村信幸 御所康七 遠藤正雄, "誘電體表面に現れるコロナ放電", ED-95-18