

금속증착 폴리프로필렌 필름의 마진에 따른 기중 연면방전 특성

류성식* 김영찬 정웅기 정종욱 곽희로
 송실대학교

The Flashover Characteristics by the Margins on Metalized Polypropylene Films in Air

Sung Sic Ryu* Young Chan Kim Yong Ki Jung Jong Wook Jung Hee Ro Kwak
 Soongsil University

Abstract - This paper describes the surface discharge characteristics which can be used as data to determine the optimal length in margin which plays an important role in improving the energy density and the life-time of high voltage capacitors. In this experiment, the margin of metalized polypropylene films(MPPFs) is varied in length in order to measure and analyze flashover voltages and partial discharge inception voltages(PDIVs). As a result, the flashover voltage and the PDIV are increased with margin and tracking was observed.

다른 곳에 비해 집중되고, 가장 먼저 전극단에서 부분방전이 발생하며, 전압의 상승과 함께 이 부분방전은 고체유전체의 표면을 따라 진전하게 된다. 이 현상이 어느 정도에 이르면 전극간이 교락되어 연면섬락이 발생한다. 이러한 경우 부분방전 개시전압 및 섬락전압은 고체유전체가 없는 경우에 비하여 낮아진다.

1. 서론

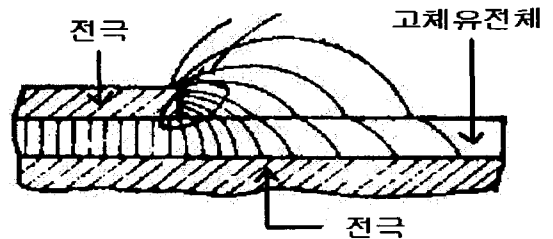


그림 1. 복합유전체 배치의 예

커패시터는 에너지 저장, 위상보정 등 다양한 용도로 사용되며, 회로를 구성하는 기본적인 요소이다. 산업발달에 따라 커패시터는 대용량 고전압에서 사용할 수 있는 능력이 요구되며, 국외의 경우 1980년대부터 본격적으로 고에너지밀도를 위한 커패시터의 연구개발에 착수하여 현재 1.0(kJ/m³) 이상의 밀도를 달성하였으나, 군수, 민수의 용도에 있어 해당기술의 대외유출이 자국의 불이익을 초래하므로, 그 판매조차 제한해 온 실정이다. 이로 인해 국내 기술은 외국에 비하여 많이 뒤떨어져 있으며, 그 연구개발도 거의 이루어지지 않아 고전압 대용량 용도로 사용하는 고에너지밀도 커패시터의 대부분을 수입에 의존하고 있다.

즉, 고체유전체의 비유전율은 공기보다 크므로, 대부분의 전속은 고체유전체 속을 통과하며, 연면방전이 비교적 낮은 전압에서 발생 및 진전하기 쉽게 된다.

고전압하에서 사용하기 위한 고에너지밀도 커패시터의 설계 파라메타는 다양하지만 그중 사용전압에 적절한 마진(margin)의 결정이 고에너지밀도 커패시터의 설계에 중요한 요소이다. 따라서 본문에서는 마진에 따른 기중 연면방전 특성을 조사·연구하였다.

2.1.2 MPPF 커패시터의 구조

2. 본론

그림 2는 MPPF 커패시터의 구조를 보여준다. 금속증착 커패시터는 일반적으로 그림2와 같이 2장의 MPPF를 롤(roll)형으로 감아서 제작하게 된다. 필름 전극의 끝단은 각각 "end spray"로 연결된다. 두장의 필름의 옆 끝은 서로 엇갈림(offset)을 두어 단락이 일어나지 않도록 한다.

2.1 관련이론

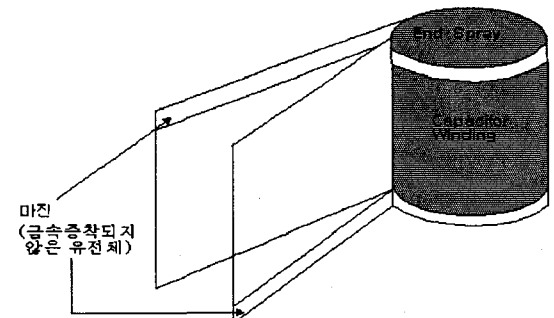


그림 2. MPPF 커패시터의 구조

2.1.1 연면 방전 및 섬락

고체유전체의 표면에 그림 1과 같이 전극을 배치하고, 전압을 인가한 후 상승시켜 가면, 전극단의 전속밀도는

그림 3은 그림 2의 커패시터에 감긴 MPPF의 단면을 보여준다.

그림 3에서 1)은 end spray 처리된 전극 부분이며, 2)는 폴리프로필렌 필름이다. 3)은 end spray 처리한 부분이며 4)는 알루미늄과 아연을 합금하여 진공증착한 전극 부분이다. 이 그림에서 금속증착이 되지 않은 필름 부분을 “마진”이라 한다.

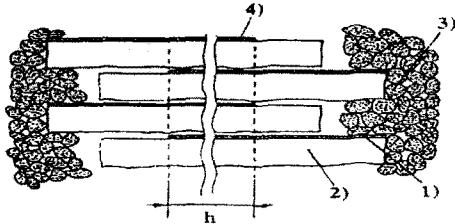


그림 3. MPPF 커패시터의 단면

2.2 실험

2.2.1 마진 조절장치

마진 조절장치의 개략도를 그림 4에 나타내었다. MPPF의 마진을 조절하기 위해, 베클라이트(bakelite) 재질의 조절장치를 제작하였다. 접지단에 직경 44(mm)의 로고스키전극을 사용하였으며, 커패시터 내부의 실제 전극배치 상태를 고려하여 증착면과 수직배치하였다. 또한, 직경 25.15(mm)인 또 다른 로고스키전극을 사용하여 알루미늄과 아연 합금의 증착면에 전압을 인가하였다.

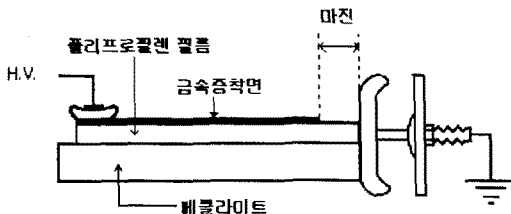


그림 4. 마진 조절장치의 개략도

2.2.2 실험방법

MPPF의 마진에 따른 기중 연면방전 특성을 알아보기 위해, 시료를 마진 조절장치 위에 올려 놓은 후, 금속증착면의 끝단과 로고스키전극의 간격을 1(mm)부터 10(mm)까지 1(mm)씩 증가시켰다. AC 50(kV)까지 인가할 수 있는 Hipotronics사의 AC 고전압 발생장치(model : 750-5CF)를 사용하여 0[V]부터 0.1[kV/s]로 전압을 증가시킨 후, 섬락전압 및 PDIV를 측정하고 그때의 트래킹 현상을 관찰하였다. 실험은 각 길이의 마진에 대해 5회 반복하였으며, 5개 데이터의 값을 평균하여 도시하였다. 실험은 15~20(°C), 760(torr), 70(%)의 습도조건에서 진행되었다.

2.2.3 결과 및 분석

그림 5는 6(μm)와 9(μm) MPPF에 대하여 마진의 변화에 따른 섬락전압을 측정한 결과를 나타낸다. 실험 결과, 마진의 길이가 증가할수록 섬락전압도 증가하는 경향을 보였으며, 인가전압에 거의 선형적인 특성을 나타내었다. 또한, 그림 5에서 보여진 바와 같이 6(μm)와 9(μm)의 경우 폴리프로필렌의 두께에 따라서는 섬락전압의 차가 거의 나타나지 않았다. 두께가 6(μm)인 MPPF의 경우 약 0.95(kV/mm)의 기중 절연강도를 보였으며 9(μm)인 MPPF의 경우에는 대략 0.94(kV/mm)의 기중 절연강도를 보여 근사적으로 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

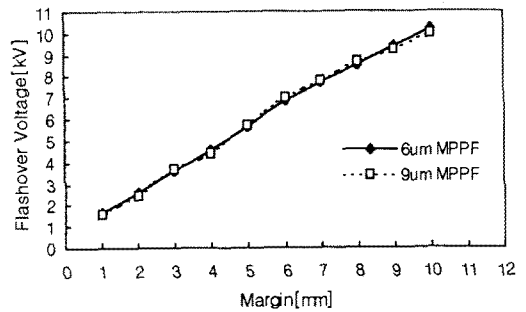


그림 5. MPPF의 마진에 따른 섬락전압

그림 6은 6(μm)와 9(μm)의 MPPF의 마진에 따른 PDIV의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 PDIV 역시 섬락전압과 같이 마진 변화에 대해 점차적으로 증가하였다. 9(μm) MPPF의 경우, 그 증가율은 약 0.91(kV/mm)이다.

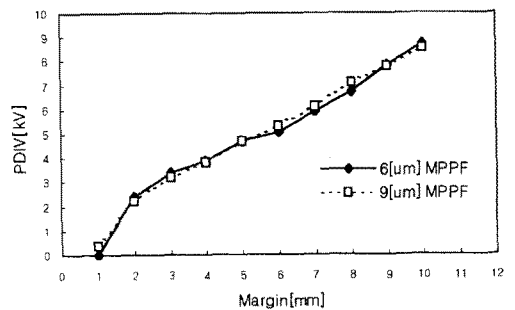


그림 6. MPPF의 마진에 따른 PDIV

그림 7은 9(μm) MPPF 경우의 섬락전압과 PDIV의 관계를 보여준다. 그림을 보면 약 4(mm)의 마진까지는 섬락전압과 PDIV의 차가 거의 없이 PDIV 발생 후 바로 섬락으로 진전되지만 5(mm)에서부터는 약 1(kV)내외 정도의 차를 보이며 PDIV 발생 후 약간의 전압상승 후 섬락이 일어남을 알 수 있다.

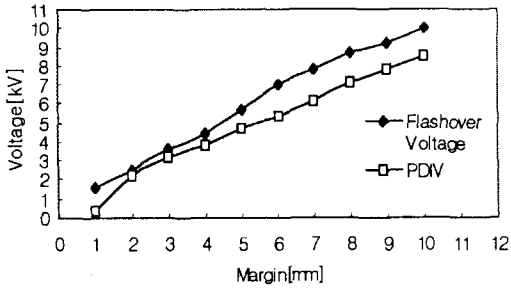


그림 7. 9(μm) MPPF의 섬락전압과 PDIV의 관계

사진 1은 섬락이 일어난 시료의 마진 부분을 보인 것이다. 사진에서 마진 부분의 폴리프로필렌 필름 표면을 살펴보면 몇 가닥의 가는 흰 선이 보이는데, 이것은 접지단에 설치한 로고스키 전극과 금속증착 전극 사이에서 트래킹이 일어난 것을 보여주고 있다. 그리고 금속증착면의 끝단에서 구름과 같은 모양으로 MPPF의 금속증착 부분이 증발한 것을 볼 수 있다.

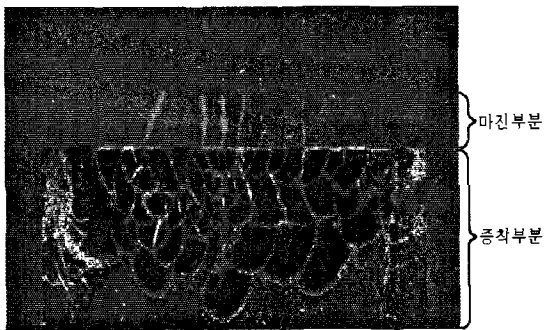


사진 1. 실험 후 시료의 표면 상태

3. 결 론

이 논문에서는 MPPF의 마진에 따른 기중 연면방전 특성을 알아보기 위한 실험 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) MPPF의 섬락전압은 마진에 따라 약 0.94~0.95 (kV/mm) 정도의 비율로 증가하였으며, 인가전압에 거의 선형적인 특성을 나타내었다.
- (2) PDIV는 마진에 따라 약 0.91(kV/mm)의 비율로 증가하였다.
- (3) 6(μm)와 9(μm) MPPF의 섬락전압은 폴리프로필렌 필름의 두께와는 거의 무관하였다.
- (4) 섬락이 일어난 필름에는 전극간의 트래킹 현상이 나타났으며, 이는 전극간의 약한 부분으로 전계가 집중하여 일어난 것이다.

[참 고 문 헌]

- (1) C. A. Nucci, S. Pirani, M. Rinaldi, "Pulse Withstand Capability of Self-healing Metalized Polypropylene Capacitors in Power Applications", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 26 No. 1, pp. 147, 1991.
- (2) 丁性桂, 李德出, "High Voltage Engineering", pp.181-191, 1997.
- (3) W. J. Sarjeant, F. W. MacDougall "Capacitor for High Power Electronics", IEEE, 1997
- (4) H. N. nagamani, S. Ganga "A Study of Electrical Endurance of MPPF Capacitors and Selection of End-point Criteria", IEEE Trans.EI, Vol. 27, pp. 1193-1201, 1992