

경사평면법에 의한 옥외용 실리콘 고무의 열화 특성

Aging Characteristics of Silicone Rubber for Outdoor Use by Inclined-Plane Method

김정호* 성균관대학교 공대 전기공학과
박용관 성균관대학교 공대 전기공학과
조한구 한국전기연구소 애자·피뢰기 기술연구팀

Jeong-Ho Kim Dept. of Electrical Eng., Sungkyunkwan University
Yong-Kwan Prak Dept. of Electrical Eng., Sungkyunkwan University
Han-Goo Cho Dept. of Insulator and Arrester Tech., KERI

Abstract

We investigated the tracking and erosion resistance of the silicone rubber by Inclined-Plane Method. And, with the variation of experiment time, the change of the leakage current waveform was evaluated. The typical leakage current waveform was the form of mixture of sinusoidal wave and rectifying wave. It is thought that the sinusoidal wave is due to conductivity of contaminant when wet, and the rectifying wave is due to arc of dry band.

1. 서 론

실리콘 고무는 발수성 및 내열성이 우수할 뿐 아니라 아크나 UV 에너지에 의해 비휘발성 탄화물이 분해되지 않으므로 오손에 의한 부분아크 및 전기적 스트레스에 의한 국부적 코로나 진전 등에도 강하기 때문에 옥외용 절연재료로서 광범위하게 이용될 수 있다[1]. 그러나, 대부분의 고분자 절연물과 마찬가지로 옥외의 가혹한 자연환경에 노출되면, 태양광, 환경오염, 수분흡수, 전기적·열적·기계적 스트레스 등에 의한 표면 열화로 인해 절연성은 급격히 저하되고 과전하에서 표면에 트래킹을 발생시킨다[2]. 특히 실리콘 고무는 옥외에서 절연물로 사용할 때 빛과 열에 대하여 취약하기 때문에 아크(arc) 방전과 트래킹 및 침식이 수반되므로, 내트래킹성 및 내침식성의 평가는 옥외용 절연재료의 적절한 응용에 중요한 요소이다.

본 연구에서는 트래킹에 의한 옥외용 실리콘 고무의 표면 열화 특성을 관찰하기 위하여 IEC publ. 587 경사평면법[3]을 채택하였다. 또한, 열화의 진전과정을 분류하기 위해 실험시간을 6, 9, 12, 15 시간까지 설정하였으며, 트래킹 방전 파형을 오실로스코프로 관찰하였다.

2. 실험방법 및 시료

시료는 상용의 실리콘 고무를 실험실에서 제작한 금형을 사용하여 hot press법으로 180℃에서

10분간 경화하여 제작하였다.

제작된 시료는 IEC publ. 587의 규격에 맞추어 50 mm×120 mm×6 mm의 크기로 잘라서 사용하였으며 이 때의 중량은 약 57g 이다.

한편, 전류 파형을 측정하기 위하여 plotter 및 100Ω 저항을 직렬로 설치하고 저항의 양단에 오실로스코프(HP 54522A)를 장치하였다. 그림 1에 실험의 블록도를 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2에 시간에 따른 누설전류의 평균값을 나타내었다.

누설전류는 방전초기부터 급격히 증가하고, 이후에 약간 감소한 후 일정하게 유지되는 경향이 있었다.

그림 3에 시간에 따른 방전 형태의 오실로그래프를 scan 범위를 5초로 설정하여 나타내었다.

그림에서 시간이 경과함에 따라 방전의 횟수가 증가하고 방전 휴지기가 감소함을 알 수 있다. 그 이유는 다음과 같은 과정에 의한 것으로 생각된다. 방전에 의해 실리콘 고무 표면의 발수성이 떨어짐에 따라 하부전극의 국부적인 영역에서 침식이 발생하게 되고, 이 영역의 표면이 더욱더 거칠어지면 표면에 오손액이 흘러도 흡윤되지 않고 항상 건조 상태를 유지하는 부분이 발생하게 된다. 따라서, 아크는 그 영역에 집중되고 아크열에 의해 침식이 가속되므로 흡윤되지 않는 영역이 점점

증가하게 된다. 이러한 과정을 통해 건조대를 형성하는 데 소요되는 전류 및 시간이 감소하게 되어 방전의 휴지기가 짧아지게 되고 결국 방전이 연속적으로 발생하게 되는 것이다.

그림 4, 5, 6에 초기 방전과 하부전극에 침식이 시작될 때 및 침식이 가속되어 표면 열화가 상당히 진전되었을 때의 파형을 scan 범위 200 ms로 설정한 오실로그래프를 통해 나타내었다.

그림에서 정현파는 습윤시의 오손액의 전도도에 의한 누설전류로서 건조대를 형성하는데 기여하는 것으로 생각된다. 한편, 정류파형은 건조대에 의한 아크전류로서 침식을 가속시키는데 기여하는 것으로 생각된다. 한편, 전류의 크기는 정류파형보다 정현파의 경우에 더 크게 나타나는데, 이것도 역시 오손액 전도도에 의한 전류의 크기가 크기 때문으로 생각된다. 따라서, 방전 초기의 전류는 주로 오손액 전도도에 의한 파형을 나타내고, 침식이 시작될 때에 아크전류에 의한 파형 성분이 증가하다가 침식이 가속되었을 때에는 전류 성분이 모두 아크파형을 나타내게 됨을 알 수 있다.

또한, 침식이 가속되어 아크열에 의해 온도가 상승하게 되면 하부전극 근처의 방전은 마침내 연속적으로 되고 이 때부터는 재료의 burning이 시작되게 된다. 이 때의 전류파형을 그림 7에 나타내었다.

그림에서 burning이 시작될 때에는 정류파형이 주를 이루고 전과정류 형태도 나타나고 있다. 또한, 이 때의 방전은 연속적으로써 방전지속시간은 수초에서 수십초 이상에 이르게 된다.

4. 결 론

이상의 결과에서 재료의 침식과정을 다음과 같이 3단계로 결론 지을 수 있다.

[1] 방전이 하부전극 근처에 안정되기까지의 단계로서 누설전류파형은 지속시간이 긴 정현파가 주를 이루고, 소요시간은 수십분 정도로 아주 짧은 시간 내에 이루어진다.

[2] 방전은 하부전극 근처에 안정되기 시작하고 하부전극 근처에서의 건조대 형성 및 방전을 통해 침식이 발생하는 단계로서 누설전류파형은 정현파에서 정류파의 점유율이 높아지고, 방전의 휴지기가 점점 짧아진다. 이 단계는 재료의 조성 및 제조시의 결함 여부에 따라 수 내지 수십시간이 소요될 것으로 생각된다.

[3] 방전의 휴지기가 더욱더 짧아져서 마침내 연속적인 방전이 발생하는 단계로서 누설전류 성분은 아크에 의한 정류파형만이 남게 되어 침식이 가속된다.

참 고 문 헌

[1]. Bauer E., H. Karner, K. H. Muller, P. Verma, "Service Experience with the German Long Rod Insulator with Silicone Rubber Sheds

Since 1967", Paper 22-11, CIGRE, 1980.

[2]. T. Tanaka, K. Naito, J. Kitagawa, "A Basic Study on Outdoor Insulators of Organic Materials", IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. EI-13(3), 1978, pp. 184-193.

[3]. IEC publ. 587, 2nd edition, 1984.

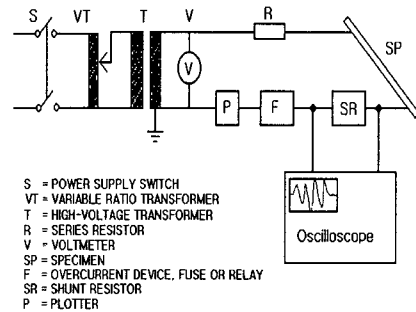


그림 1. IEC 587 및 누설전류 파형관찰 실험회로도

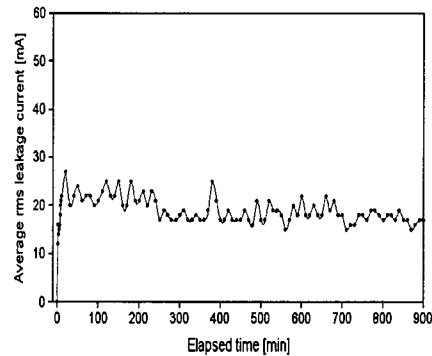
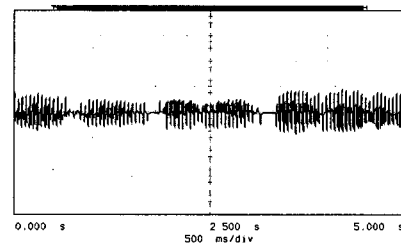
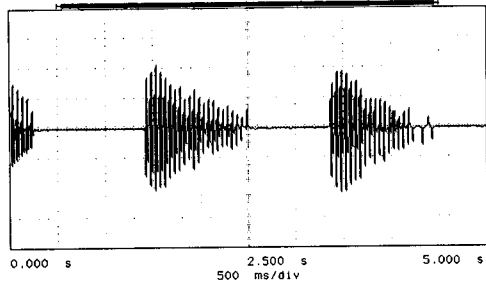


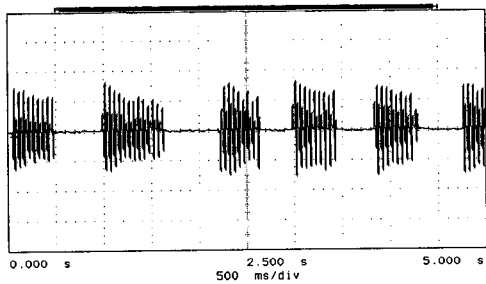
그림 2. 시간에 따른 평균 누설전류값의 변화



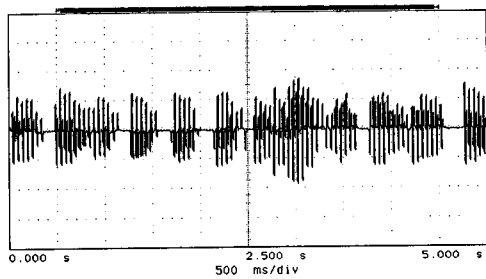
(a) 방전 개시 직후



(b) 방전 시작 30 분 후

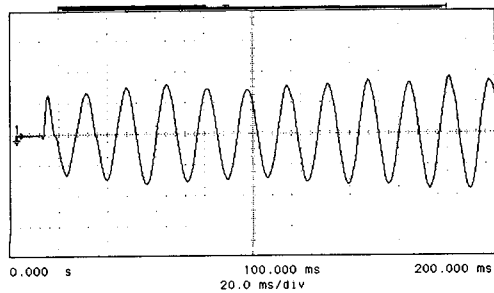


(c) 방전 시작 4 시간 후

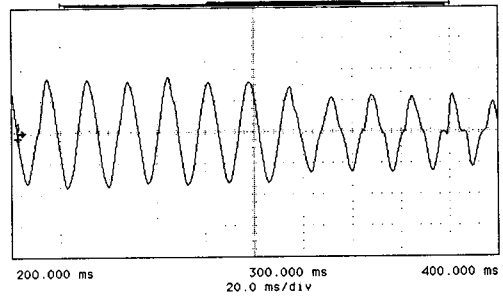


(d) 방전 시작 10 시간 후

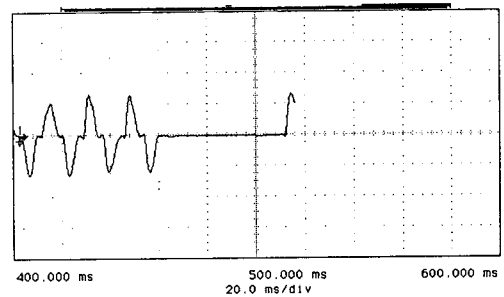
그림 3. 시간에 따른 방전 지속시간 및 휴지기의 변화



(a) 0 ms에서 200 ms까지

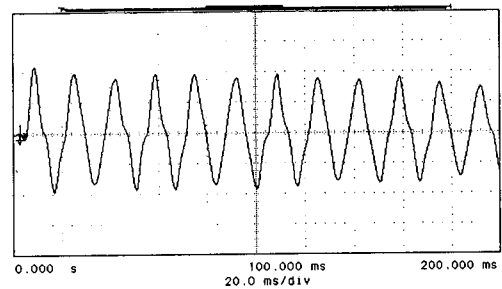


(h) 200 ms에서 400 ms까지

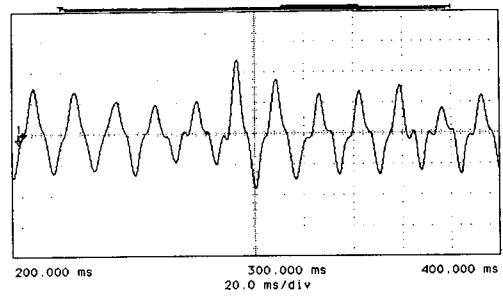


(c) 400 ms에서 600 ms까지

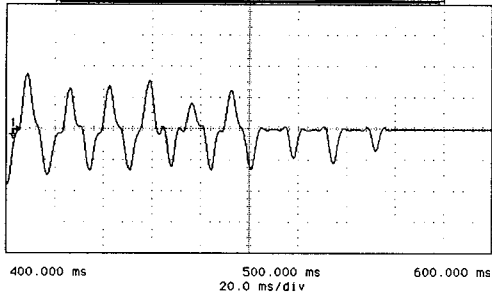
그림 4. 초기 방전의 누설전류 파형



(a) 0 ms에서 200 ms까지

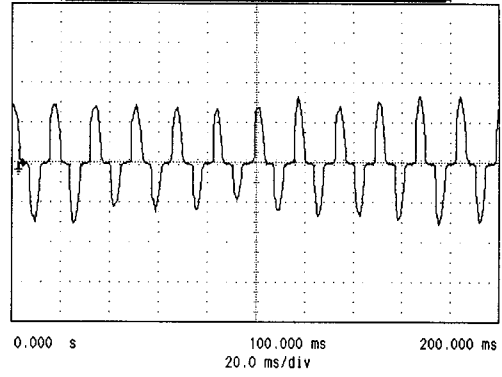


(b) 200 ms에서 400 ms까지

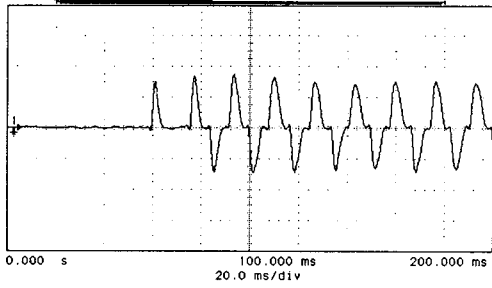


(c) 400 ms에서 600 ms까지

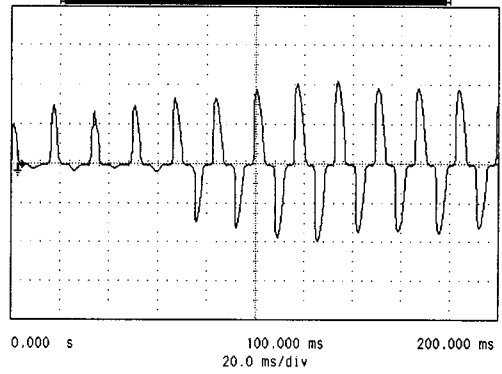
그림 5. 침식 시작시의 누설전류 파형



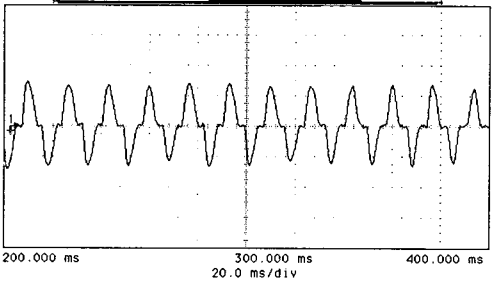
(a) 200 ms scan



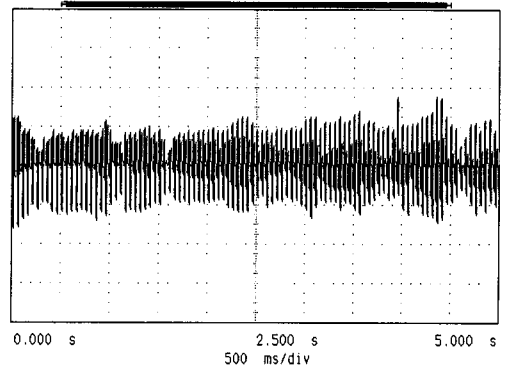
(a) 0 ms에서 200 ms까지



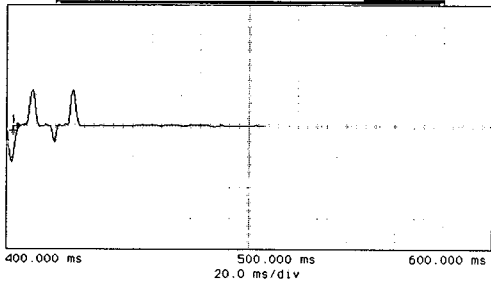
(b) 200 ms scan



(b) 200 ms에서 400 ms까지



(c) 5 s scan



(c) 400 ms에서 600 ms까지

그림 6. 침식이 가속될 때의 누설전류 파형

그림 7. 재료의 burning이 시작될 때의 누설전류 파형