

절연/반도전/절연층에 있어서 유전특성과 절연파괴 현상

Dielectric Properties and Breakdown Strength in Insulation/Semiconductive/Insulation

강대용, 오광영, *김용주, 박대희
원광대학교 전기공학부, *충주대학교

Dae-yong Kang, Guangning Wu, *Yongjoo Kim, Dae-Hee Park
School of Electrical Engineering, Wonkwang University,
*Chungju University

In this paper, breakdown strength and dielectric characteristics were experimented in the structures of insulation/insulation/insulation and insulation/semiconductor/insulation by using of insulation material of polyethylene terephthalate film. The breakdown strength and the permittivity of each specimen were measured as a function of temperature and frequency respectively. The breakdown strength of PET/PET/PET did not changed greatly but that of PET/SEMI/PET increased as a function of temperature. As the frequency increased, the permittivity of PET/PET/PET and PET/SEMI/PET decreased. The $\tan \delta$ of PET/PET/PET showed lower than that of PET/SEMI/PET in low frequency but higher in high frequency.

1. 서론

전력기기의 절연 구조에 있어서 절연성능을 향상시키기 위하여 계면구조가 복잡화된 구조로 폭넓게 사용되고 있으며[1,2], 이는 절연체/반도전 또는 절연체/절연체의 구조이다. 그러나 초고압 전력케이블의 절연사고는 케이블의 이중계면부분에서와 케이블의 종단부 및 중간 접속부의 절연체/절연체, 반도전/절연체의 계면에서 많이 발생한다[3]. 이는 계면이 존재하는 곳이 절연사고의 시발점으로서 케이블의 절연성능을 저하시킨다

[4-6]. 이러한 계면에서의 절연파괴사고는 주로 장시간에 걸쳐서 열화가 진전되어 일어나는 것으로서 이를 분석하기 위해 계면에 있어서 절연 및 유전특성의 평가가 필요하다.

2. 실험

시료로는 PET(SR-50, SKC Co.) 필름을 절연체로서 사용하였으며, 반도전재료로는 동선특수재료에서 제작한 체적저항: 1000

$\Omega \cdot \text{cm}$ 의 반도체 필름을 사용하였다.

시편의 구조는 절연체/절연체/절연체와 절연체/반도체/절연체의 구조로 되어있으며, 반도체 필름의 두께는 $75\mu\text{m}$ 이고 동일 위치에 있는 절연층의 두께는 반도체의 두께와 같이 $75\mu\text{m}$ 로 하였으며 이 반도체층과 절연층을 둘러싸고 있는 외부절연층은 모두 $25\mu\text{m}$ 로 하였다. 시편의 구조는 그림 1에 나타내었다.

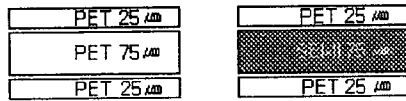


그림 1 시편의 구조
Fig. 1 Schematic Diagram of Specimen

절연파괴강도 시험은 사용범위 0~60kV, 60Hz의 내압기를 사용하였으며, 이때 연면방전을 막기 위하여 SILICONE OIL (SHIN-ETSU CHEMICAL Co. Ltd. KF-96-100CS)에 함침하여 실험하였다. 절연파괴강도 시험의 온도의존성을 알아보기 위하여 온도범위 0~300°C까지 조절이 가능한 오븐중에서 실험하였다. 전극은 구대 평판구조로 구의 지름은 15mm ϕ 를 사용하였다..

유전특성시험은 DIELECTRIC LOSS MEASURING SET (ANDO ELECTRIC CO., LTD TYPE TR-10C)와 NULL DETECTOR (ANDO ELECTRIC CO., LTD TYPE BDA-9)를 사용하였으며 주파수 의존성을 알아보기 위하여 OSCILLATOR (ANDO ELECTRIC CO., LTD TYPE WBG-9)를 사용하였다. 전극은 평판대 평판 전극(ANDO ELECTRIC CO., LTD TYPE SE-70 ELECTRODE)를 사용하였으며 상부전극은 18.0mm ϕ , 하부전극은 87.0mm ϕ 인 것을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

각 시편의 온도에 따른 절연파괴강도를 그림2에 나타내었다.

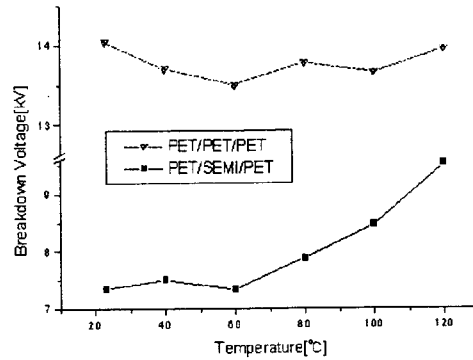


그림 2 절연파괴강도의 온도의존성
Fig.2 Temperature Dependency of Breakdown Strength

절연파괴강도는 각 온도에서 6개의 시료를 측정하였으며 이때 얻어진 결과중 최대값과 최소값을 제외한 나머지 4개의 값을 평균하였다. PET/PET/PET의 상온에서의 절연파괴강도는 14.04kV로 측정되었으며 이는 온도가 증가함에 따라 큰 변화를 나타내지 않았다. 그러나 PET/SEMI/PET의 경우 상온에서 7.35kV로 측정되었으며 온도가 증가함에 따라 절연파괴강도가 증가하였다.

그림 3은 각 시편의 유전율의 주파수 의존성을 나타내고 있다.

주파수 330[Hz]에서 PET/PET/PET의 유전율은 1.845를 나타내었고, 주파수가 높아짐에 따라 1[MHz]에서 1.773까지 감소하는 경향을 보였다. 동일한 주파수에서 PET/SEMI/PET의 유전율은 5.017를 나타내었으며, 주파수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며 특히 1[MHz]의 고주파에서는 4.487로 크게 감소하였다.

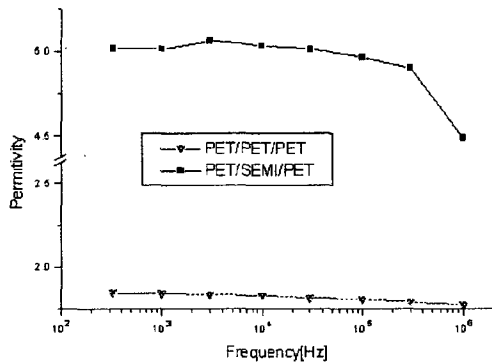


그림 3 유전율의 주파수의존성
Fig. 3 Frequency Dependency of Permittivity

그림 4는 $\tan \delta$ 의 주파수의존성을 나타내고 있다.

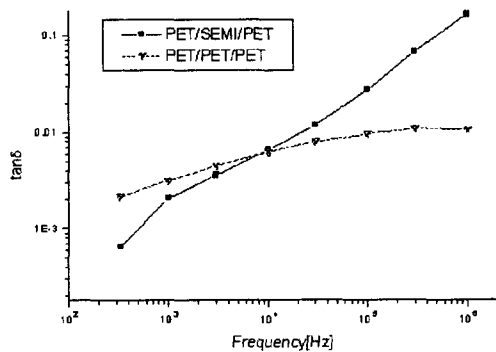


그림 4 $\tan \delta$ 의 주파수의존성
Fig. 4 Frequency Dependency of $\tan \delta$

PET/SEMI/PET 시료의 $\tan \delta$ 는 330 [Hz]의 낮은 주파수에서 6.45×10^{-4} 으로서 PET/PET/PET 시료의 $\tan \delta$ 인 2.15×10^{-3} 에 비하여 낮게 나타났으나, 10[kHz]에서는 PET/PET/PET 시료의 $\tan \delta$ 6.270×10^{-3} 과 PET/SEMI/PET 시료의 $\tan \delta$ 6.560×10^{-3} 으로 유사한 값을 나타내었다. 그러나 1MHz의 고주파에서는 PET/SEMI/PET 시료의 $\tan \delta$ 가 1.645×10^{-1} 그리고 PET/PET/PET 시료의 $\tan \delta$ 가 1.065×10^{-2} 으로서 반도체층을 갖는 시료의 $\tan \delta$ 의 크기가 크게 증가하

였다.

4. 결론

PET (Polyethylene Terephthalate) 필름을 이용하여, 절연/절연/절연과 절연/반도전/절연의 두가지 구조에서의 절연파괴 강도와 유전 특성을 살펴보았다.

1. 온도 변화에 따른 절연 파괴 강도를 실험하였다. 이때 PET/PET/PET의 절연파괴강도는 온도가 증가함에 따라 큰 변화를 나타내지 않았으나 PET/SEMI/PET의 절연파괴강도는 온도가 증가함에 따라 증가하였다.

2. 유전율의 주파수 의존성을 측정하였다.

PET/PET/PET와 PET/SEMI/PET의 유전율은 주파수가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보였고, PET/SEMI/PET의 유전율은 1[MHz]의 고주파에서 크게 감소하였다.

3. $\tan \delta$ 의 주파수 의존성을 측정하였다

낮은 주파수영역에서 PET/SEMI/PET 시료의 $\tan \delta$ 는 PET/PET/PET 시료의 $\tan \delta$ 에 비하여 낮게 나타났으나, 높은 주파수 영역에서는 PET/SEMI/PET 시료의 $\tan \delta$ 가 PET/PET/PET 시료의 $\tan \delta$ 에 비하여 크게 나타났다.

References

- [1] N.M.Burns, et al ; "Stress Controlling Semiconductive Shields in Medium Voltage Power Distribution Cables" IEEE Electrical Insulation Magazine Vol.8, No.5 pp.8-24, 1992
- [2] S.N.Gubanski, et al ; "Swedish Research on the Application of

Composite Insulations in Outdoor Insulation" IEEE Electrical Insulation Magazine September/October, Vol. II, No. 5, pp. 24-31, 1995

[3] Metra, P., Occhini, E., and Portinari, G., "High voltage cables with extruded insulation—statistical controls and reliability evaluation", IEEE Trans. Power Appr.Syst.,94(3), 967, 1975

[4] Y.Mizuno, Y.Mitsuyama, M.Nagao, M.Kosaki " Dielectric Properties of Ethylene-propylene Rubber in Cryogenic Temperature Region" Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Brisbane, Australia, pp. 475-478, July, 1994

[5] S.N.Gubanski, et al ;"Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulator" IEEE PES 90WM 02507 PWRD,1990

[6] G.Mazzanti et al ; "Comparison of Electrical Aged Tests on EPR-insulated Minicables and Ribbons from Full-sized EPR Cable" IEEE Trans. on EI. Ins., Vol.2,no.6,pp.1095-1099,Dec. 1995