

반도전층을 갖는 MDPE의 유전 및 절연파괴 특성

유성수, 이종찬, 박대희
원광대학교 전기·전자공학부

Dielectric and Breakdown Characteristics of MDPE included Semiconductor layer

Sung-soo Yoo, Jong-chan Lee, Dae-hee Park
School of Electrical and Electronic Engineering, Wonkwang University

Abstract - In this study, we evaluated the dependence of thickness and temperature in the breakdown strength of MDPE and effect of semiconductor. As the result, breakdown strength trend to decrease according to the increase of thickness and temperature. We obtained the result that the breakdown strength was a little lower in the structure of Semi/MDPE than Semi/MDPE/Semi, but breakdown strength of MDPE was greater both of all. The dependency of permittivity, $\tan\delta$ and conductance on frequency and temperature were investigated. Both of the specimens showed the trend of decreased in permittivity as the temperature increased but increase as the frequency increased.

2. 실 험

본 연구에서는 사용한 시료는 MDPE(8500F, 밀도:0.94 호남화학제)이며, 필름의 두께는 30, 50 μm 이다. 또한 반도전층의 필름은 전력 케이블용이며, 두께는 90 μm 이다.

전압인가장치는 (Musasi, Japan) 출력이 50kV이며, 절연파괴시에 자동으로 차단되는 장치를 사용하였다. 절연파괴 시험 전극은 그림 1과 같이 직경이 12.9 ϕmm 의 구의 형태이다. 또한 절연파괴의 온도의존성을 알아보기 위하여 실리콘 오일의 온도를 변화시키면서 절연파괴를 측정하였다. 절연파괴강도의 온도의존성은 실온(20°C)과 40°C, 60°C, 80°C에서 각각 측정하였다. 실험에 사용되는 MDPE 시편의 크기는 25mm \times 25mm이다. 시편 표면에 부착되어 있는 오염물은 에탄올을 이용해 세척한 후 두께를 측정하여 두께별로 분류했다. 그리고 전극 및 주변의 매질의 상태를 확인한 후 시편을 전극 사이에 배치시켜 실험하였다.

절연파괴 전압은 시편에 전압을 인가하는 시간과 인가하는 방법에 큰 영향을 갖는다. 따라서 동일한 두께의 시편을 반복적으로 12번의 파괴실험을 하였고, 최저값과 최고값을 제외한 10개의 시편의 실험값을 취했다.

1. 서 론

전력설비에 이용되는 절연재료는 온도의존성이 작고 방전 및 응력 등에 의한 열화나 변형이 작고, 전기적인 절연성의 요구와 더불어 기계적, 가공성 등이 요구된다. 특히 전력케이블의 절연재료는 가공성과 절연성이 우수한 폴리에틸렌이 널리 사용되고 있다.

전력케이블용 폴리에틸렌의 연구는 지금까지 저밀도(LDPE)와 선형저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)을 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔다[1][2]. 이와 같은 연구를 통하여 절연재료의 분자 구조적인 언급과 함께 절연 성능의 향상과 절연파괴의 억제를 위한 대책이 각각 제안되어 지고 있다[3][4]. 또한 절연층과 반도전 층간에 나타나는 절연파괴 및 절연특성에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 반도전층의 역할은 전계 차이의 완화 및 방사 전기장 균일화의 효과와 급속/고분자의 직접 접촉의 방지의 두 가지로 볼 수 있다. 전력케이블에 있어서 절연층에 걸리는 전압이 매우 높으므로 전기장이 방사형으로 균일해야만 국부 고전계가 형성되지 않는다. 이외에도 고분자 절연체인 폴리에틸렌과 알루미늄 또는 구리 등의 금속이 직접 접촉할 경우 발생할 수 있는 자동산화 반응 등을 억제함으로 고분자 절연체의 급속한 열화를 억제하는 효과가 있고, 반도전층은 각 도체 내의 갭을 채워주는 역할을 하므로 부분방전을 억제하는 효과도 있다.

이와 같이 전력케이블의 반도전층이 단순히 전극 역할 뿐만 아니라 반도전 전극 내에 들어있는 성분들이 전체 전력케이블의 절연특성을 좌우할 수 있다. 전력케이블의 절연재료와 반도전층에 관한 연구는 거시적인 측면과 미시적인 측면에서 꾸준히 연구가 진행되고 있으며, 아직도 절연 성능향상과 신뢰성의 확보라는 관점에서 절연 성능의 평가법과 절연재료의 개선이 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 중밀도 폴리에틸렌(MDPE)의 절연 파괴강도와 유전특성을 각각 평가하고, 반도전층 및 온도, 주파수의존성들을 고찰하였다.

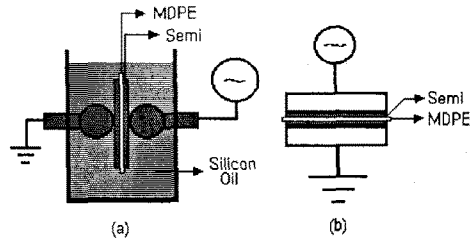


그림 1. 절연파괴 및 유전율 측정 시 전극구조

유전특성시험은 Dielectric Thermal Analyzer라는 장비(Nove Control사)로 측정하였다. 주파수의 범위 1 μHz ~10MHz이며, 온도변화는 -150°C~500°C이다. 정전용량, 유전상수, 전도도, 고유 저항값을 나타낼 수 있다. 이 실험에서 사용된 전극의 두께는 2.00mmt, 직경은 20.0mm ϕ 이다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 MDPE 필름의 절연파괴강도의 온도의존성과 두께의존성을 나타냈다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 두께가 증가할수록 절연파괴강도가 감소하고, 온도가 증가할수록 절연파괴강도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 반도전층을 MDPE와 겹쳐서 놓은 것과 반도전층을 MDPE 양쪽에 놓은 것과 차이가 나타나

는 것을 알 수 있다. 그림 2에서 나타난 것처럼 큰 차이를 보이지 않지만 반도체층이 MDPE의 절연파괴 특성에 영향을 미치는 것으로 확인된다.

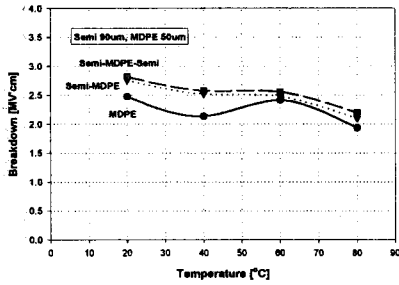
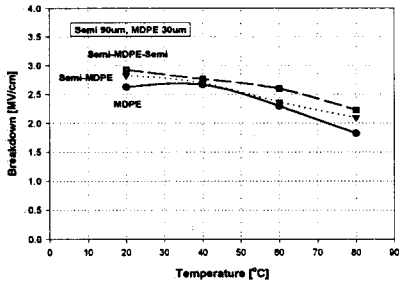


그림2. 절연파괴강도의 온도의존성

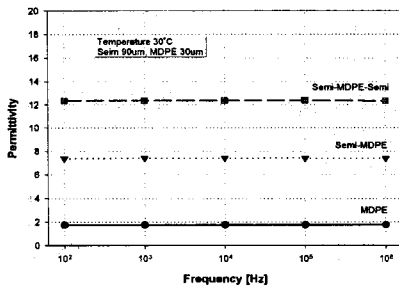
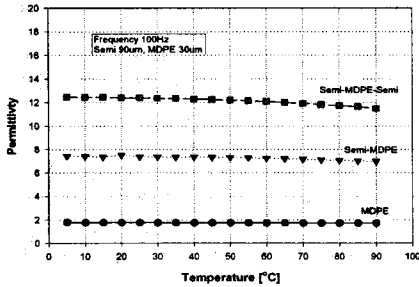


그림3. 유전율의 온도 및 주파수의존성

그림3은 MDPE가 30 μ m일 때 유전율의 온도의존성과 주파수의존성을 나타낸 것이다. 온도가 상승할수록 유전율은 감소하지만 큰 차이는 보이지 않는다. 또한 주파수가 상승할수록 유전율의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 반도체층이 없을 경우와 하나만 있을 경우, MDPE의 양옆에 반도체층이 있을 경우 유전율의 변화가 큰 것을 볼 수 있다. 따라서 반도체층은 MDPE의 유전율에 많은 영향을 주는 것으로 보인다.

그림4의 $\tan \delta$ 는 온도가 증가할수록, 주파수가 올라갈수록 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 온도의 변화에 따른 $\tan \delta$ 는 균일한 증가를 보이다가 반도체층/MDPE일 때 불균일한 증가를 보이기도 한다. 또한 주

파수의 증가에 따른 $\tan \delta$ 는 MDPE만 측정할 경우 거의 일정하였지만 반도체층이 있을 때 갑자기 증가했다.

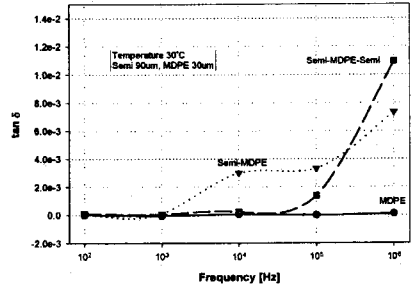
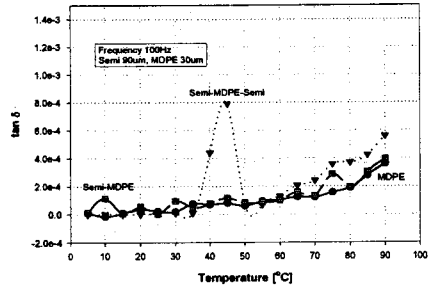


그림4. 유전손실의 온도 및 주파수의존성

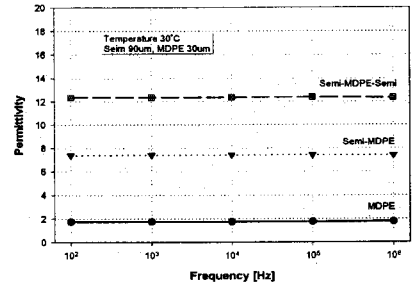
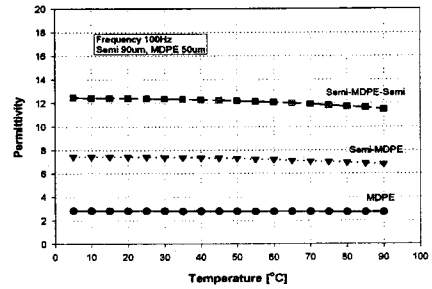


그림5. 유전율의 온도 및 주파수의존성

그림5와 그림3은 각각 30 μ m, 50 μ m일 때 유전율을 보인 것이다. 각각의 그림에서 알 수 있듯이 MDPE만을 측정할 결과를 보면 두께가 커질수록 유전율은 증가하지만 반도체층을 집어넣었을 경우 MDPE의 두께 증가에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다. 이는 반도체층의 두께가 MDPE의 두께보다 훨씬 두꺼워서 유전율의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 알 수 있다. 주파수의 변화에도 온도의 변화와 같은 결과를 보였다.

그림4와 그림6은 각각 30 μ m와 50 μ m에서 $\tan \delta$ 을 비교할 수 있다. 그림에서 보듯이 유전율과는 다르게 두께에 따른 큰 변화는 보이지 않는다. 그러나 MDPE가 두꺼울수록 온도 변화에 따른 $\tan \delta$ 의 변화가 보인다.

반도전층이 있을 경우 차이는 보이지 않지만 MDPE만을 측정할 결과값은 50 μ m일 때 오히려 반도전층이 있는 것보다 높은 것으로 나타났다.

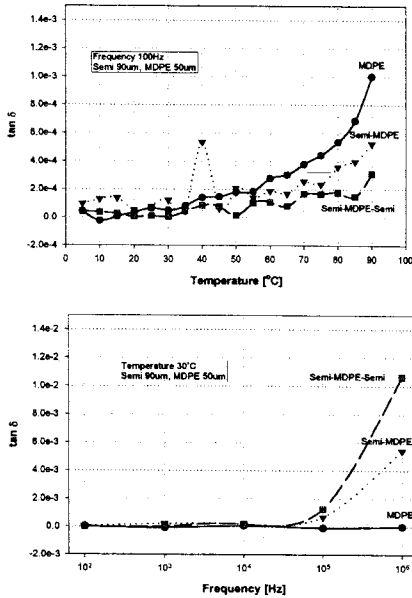


그림6. 유전손실의 온도 및 주파수의존성

4. 결 론

본 논문에서는 MDPE, Semi/MDPE, Semi/MDPE/Semi의 온도 및 주파수의 변화에 따른 유전 특성을 측정하였다.

1. 절연파괴강도는 온도가 올라갈수록 두께가 증가할수록 절연파괴강도는 감소하는 것으로 나타났다.
2. 유전율은 온도와 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 약 70°C이상에서는 유전율의 감소를 뚜렷이 확인할 수 있었다. 측정된 온도에서 Semi/MDPE/Semi의 유전율이 Semi/MDPE의 유전율보다 높게 나타났다.
3. 유전율은 주파수가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였다.
4. $\tan \delta$ 는 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 40°C~50°C 사이에서 큰 폭의 변화를 보였고 반도전층의 영향은 크지 않았다.
5. $\tan \delta$ 는 주파수가 올라갈수록 증가하는 경향을 보였으며, MDPE만을 측정할 경우 거의 일정하였지만 반도전층이 있는 경우 10kHz이상에서 큰 변화를 보였다.

본 연구는 기초전력공학공동연구소의 연구비(과제번호 : 98-중기-05)에 의하여 수행되었습니다

(참 고 문 헌)

[1] Proceedings of the 3rd International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials July 8-12, 1991, Tokyo, Japan
 [2] T. Mitsui et al, Morphological Study of Treeing Phenomena in PE and XLPE, Conference Record of 1984 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 1984, pp.306 ~ 309
 [3] K. Kaminaga et al., Effect of supermolecular Structure of Polyethylene on Dielectric Strength, Proceeding of the 17th Symposium on Electrical Insulation Material, 1984, pp.233 ~ 236
 [4] K. Kaminaga et al., Effect of supermolecular Structure of Polyethylene on Dielectric Strength part 2, Proceeding of the 18th Symposium on Electrical Insulation Material, 1985, pp. 117 ~ 120
 [5] 固体絶縁材料の界面効果調査専門委員会, 固体絶縁材料の界面効果 日本電気学会技術報告, 第488号, pp. 3 ~ 4, 1994年 4月.