커패시터용 복합유전체필름의 유전특성 분석

박재도*, 곽희로*, 박하용°, 정종욱☆
*숭실대학교 전기공학과, °삼척대학교 전기공학과, ☆한국전력공사 전력연구원

Dielectric Characteristics of Composite dielectric Film for Pulsed Power Capacitors

J.D. Park*, H.R. Kwak*, H.Y. Park°, J.W. Jung☆
* Soongsil Univ., °Samchuk Univ., ☆KEPRI

Abstract - This paper describes the dielectric characteristics of composite dielectric film for pulsed power capacitors. The relative electric permittivity(ε') and the dielectric dissipation factor($\tan\delta$) were measured for polypropylene (PP) membranes, kraft paper for capacitors(CP) and composite dielectric films(PP+CP), respectively, in a frequency range of $1\sim10^4$[Hz], and in temperatures ranging from -50[℃] to 110 [℃]. As a result, the variation of the electric permittivity was observed similarly for PP and CP. Dielectric dispersion was observed in frequency domain in PP, CP and composite dielectric films.

1. 서 론

최근, 금속 증착 커패시터는 고출력 전자파를 발생시키는 레이더 장치나 레이저 설비 등의 충방전 커패시터에 응용되고 있다. 충·방전 커패시터의 경우, 높은 내전압, 고유전율, 저손실의 유전체를 개발하는 것이 중요한 요소로 작용하고 있지만, 에너지밀도를 높이고 컴팩트화를 달성하는데는 유전재료 자체의 손실을 경감시키는 것이 중요한 과제중의 하나이다[1][2]. 유전체에 교번전계가 인가될 경우, 유전율 및 유전체 손실은 원자운동이나 분자운동의 상태에 따라 변화한다. 쌍극자회전에 의한 것으로 유전체에 교번전계 인가시 발생하는 분산과 흡수현상에 대한 이론은 P. Debye 에 의해 괄목하게 발전되었다[3].

교번전계하에서의 복소 유전율의 주파수에 따른 성질은 커패시터내에 존재하는 여러 분극 형태에 의존하는데 복합 유전체 필름에서는 계면분극과 배향분극 등의 형태로 나타난다. 특히 충·방전 커패시터는 금속증착필름(MPPF, Metallized Polypropylene films)과 크래프트지(CP)의 장점들을 취해보고자 이들 필름을 조합한 복합유전체 필름이 사용되고 있다[4][5].

따라서 본 연구에서는 충방전 커패시터에 사용되는 폴리프로필렌 필름(PP, Polypropylene), 크래프트지(CP, kraft paper for capacitors), 복합 유전체 필름(PP+CP)에 대한 유전특성을 온도, 주파수 변화에 따라 비교 분석하였다.

2. 실험장치 구성 및 방법

충·방전 커패시터용 복합 유전체 필름의 유전특성을 분석하기 위하여 Novocontrol사의 WinDETA를 사용하였다. 그림1에 실험장치 개략도를 나타내었다.

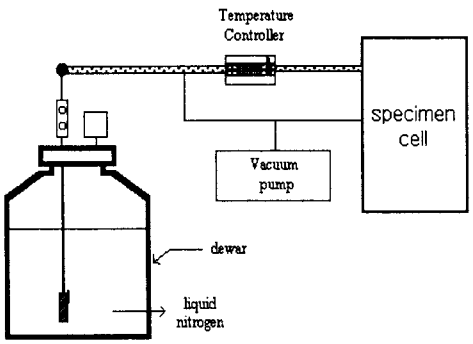

그림 1. 실험장치 개략도

그림1에서와 같이, CP, PP, 복합 유전체 필름(PP+CP)을 각각 시료셀에 넣고, 온도는 -50~110[℃]까지 주파수는 $10^0\sim10^4$[Hz] 범위의 주파수 영역에서 해당 시료의 유전율(ε') 및 $\tan\delta$를 측정하였다. 사용한 전극은 직경이 20[㎜], 두께가 2[㎜]인 원형 금전극(gold electrode)을 사용하였다. 실험에 사용된 시료의 두께는 CP가 10[㎛], PP가 10[㎛], 복합 유전체 필름이 20[㎛](CP, PP :각각 10[㎛])을 사용하였다. 또한 유전체 분자 내에 잔류할 수 있는 절연유의 영향을 배제할 목적으로 시료를 건조시키는 등의 전처리를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도,주파수에 따른 폴리프로필렌(PP)의 유전특성

그림2는 온도에 따른 PP의 유전율 변화를 나타낸 것이다.

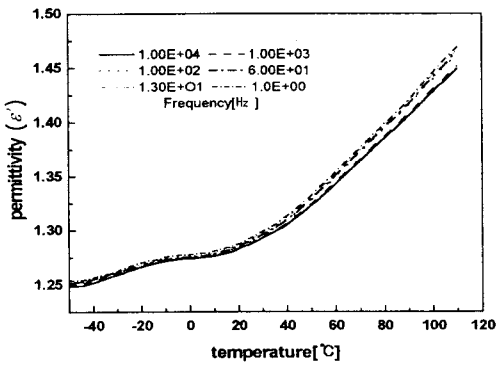

그림 2. 온도에 따른 PP 의 유전율

그림2에서와 같이 PP의 유전율은 1.24~1.47로 측정되었다. 또한 온도증가에 따라 점차 증가하고, 주파수에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 온도증가에 따른 쌍극자 격자운동이 활발해지기 때문으로 사료된다.

그림 3은 주파수에 따른 PP의 tanδ의 변화를 나타낸 것이다.

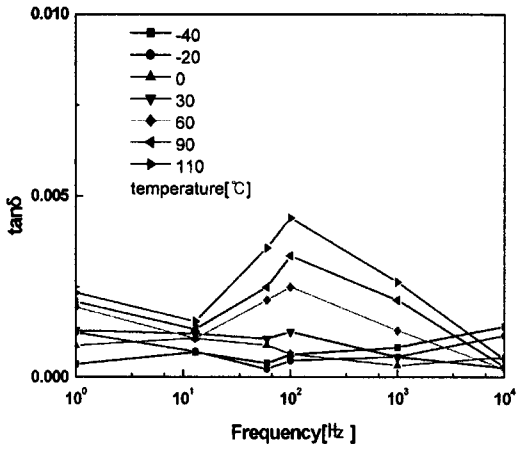

그림 3. 주파수에 따른 PP 필름의 tanδ

그림3에서와 같이 10^2[Hz]부근에서 손실피크가 발생하였다. 이는 폴리머 형성시 불순물에 의한 이온분극이나 외부 쌍극자에 의한 분극현상에 기인한 것으로 사료된다.

3.2 온도,주파수에 따른 크래프트지(CP)의 유전특성

그림4는 온도에 따른 CP의 유전율의 변화를 나타내었다.

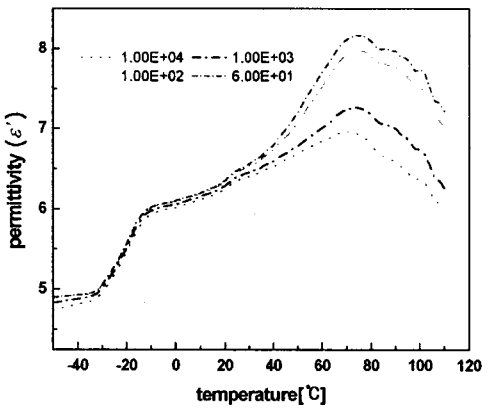

그림 4. 온도에 따른 CP의 유전율

그림4에서와 같이 CP의 유전율은 온도의 증가에 따라 점차 증가했으며, 80[℃]부근에서 유전흡수 피크가 나타났다. 이는 유전분산을 의미하며, 분산이 일어나는 온도영역에서 흡수가 최대가 됨을 나타낸다.

그림5는 주파수에 따른 tanδ의 변화를 나타내었다.

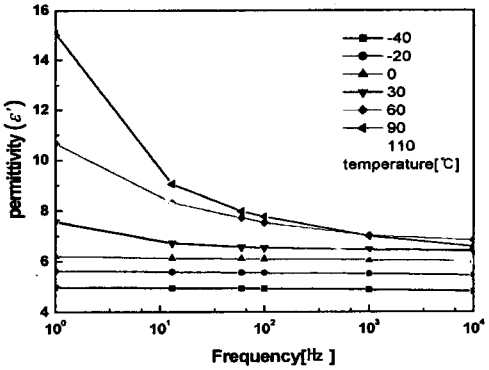

그림 5. 주파수에 따른 CP의 유전율

그림5에서와 같이 주파수 증가에 따라 CP의 유전율은 10^2[Hz] 이하에서의 유전율은 급격한 감소현상을 나타내었으며, 이는 전기적 영역에서의 유전분산에 의한 것이라고 생각된다.

그림6은 온도에 따른 tanδ의 변화를 나타내었다.

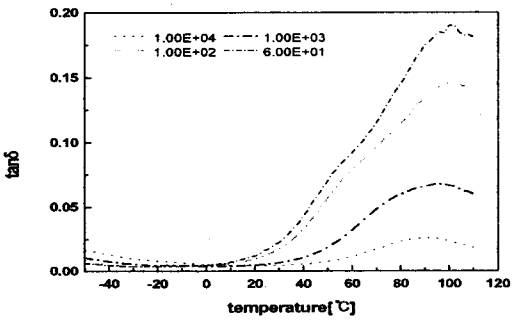

그림 6. 온도에 따른 CP의 tanδ

그림6에서와 같이 온도의 증가에 따라 CP의 tanδ는 증가했으며, 100[℃]부근에서 흡수피크가 발생하였다. 이는 유리전이에 의해 이 부분에서 분자운동이 대규모로 일어나기 때문으로 사료된다. 즉 유전체 내의 분자가 온도증가에 따라 열에 의한 격자운동이 활발해져 분자간 충돌에 의한 손실증가로 사료된다.

3.3 온도,주파수에 따른 복합 유전체 필름(PP+CP)의 유전특성

그림7은 복합 유전체 필름의 온도에 따른 유전율의 변화를 나타내었다.

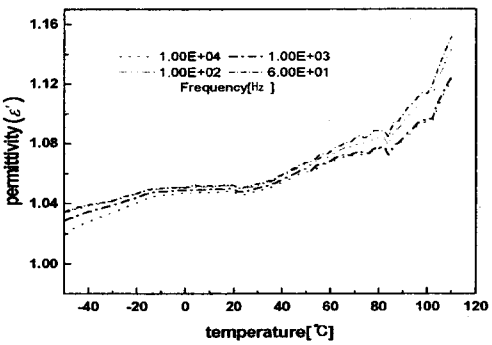

그림 7. 온도에 따른 복합유전체 필름의 유전율

그림7에서와 같이 온도에 따른 유전율의 변화는 PP와 유사하였으며, 복합 유전체 필름의 유전율은 1.00~1.16정도의 값을 나타내었다. 또한 고주파에서보다 저주파에서의 유전율이 높게 측정되었다.

그림 8은 복합 유전체 필름의 주파수에 따른 유전율을 나타내었다.

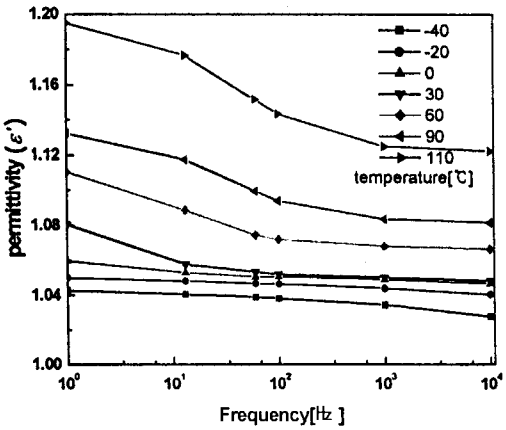

그림 8. 주파수에 따른 복합 유전체 필름의 유전율

그림 8에서와 같이 복합 유전체 필름의 주파수에 따른 유전율의 변화는 CP와 비슷하게 나타났으며, PP와 CP 경계면의 전하에 의한 계면분극, 배향분극 등에 기인한 유전분산이 나타났을 것으로 사료된다.

그림9는 복합 유전체 필름의 주파수에 따른 tanδ의 변화를 나타내었다.

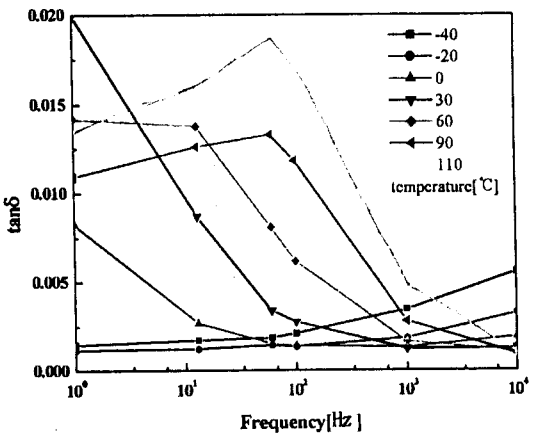

그림 9. 주파수에 따른 복합 유전체 필름의 tanδ

그림9에서 보는 바와 같이, 복합 유전체 필름의 주파수에 따른 tanδ의 변화는 PP와 비슷하게 나타났으며, 10^2[Hz]부근에서 손실피크가 나타나고 있다. 이와 같은 피크 손실은 PP의 분극현상과 관련있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

충·방전 커패시터에 사용되는 복합 유전체 필름(PP+CP), 폴리프로필렌 필름(PP), 크래프트지(CP)에 대한 유전특성에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PP필름의 유전율은 온도증가에 따라 점차 증가하고 주파수에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 주파수에 따른 tanδ는 10^2[Hz]부근에서 손실피크가 발생하였다.
2. CP의 유전율은 온도의 증가에 따라 점차 증가했으며, 80[℃]부근에서 유전흡수 피크가 나타났다. 온도의 증가에 따라 CP의 tanδ는 증가했으며, 10^2[Hz]부근에서 흡수피크가 발생하였다.
3. 복합 유전체 필름의 온도에 따른 유전율의 변화는 PP와 유사하였으며, 복합 유전체 필름의 유전율은 1~1.16정도의 값을 나타내었다. 또한 고주파에서보다 저주파에서의 유전율이 높게 측정되었다. 또한 주파수에 따른 tanδ의 변화는 10^2[Hz]부근에서 손실피크가 나타나고 있다.

이상의 결론으로부터 얻은 복합 유전체 필름의 유전특성에 대한 기초적인 자료는 충·방전 커패시터 설계시 활용될 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] W. White and I. Galperin, "Material Considerations for High Frequency, High Power Capacitor", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-20, No. 1, pp. 154-157, 1985.

[2] 박광헌, 송호근, "PPS 필름 커패시터 유전특성 연구", 한국물리학회지, Vol 6, No. 5, pp. 439-442,1993

[3] 곽희로, "일축연신 폴리에틸렌 테레프탈레이트 필름의 전기적 특성에 관한 연구", 중앙대학교 박사학위논문, pp. 6-13, 1985

[4] T. Umemura and K. Akiyama, "Accelerated-Life Testing of Power Capacitor Dielectric System, IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-22, No. 3, pp. 190-197, 1987.

[5] 박하용, "금속증착 폴리프로필렌필름의 셀프힐링 특성 연구", 숭실대학교 박사학위논문, pp. 1-15, 2000.

이 연구는 민군겸용기술개발사업의 일환으로 한국전기연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.