

Engineering Polymer의 전기적 특성

박재열, 박성희, 권오덕, 강성화, 임기조

충북대학교 전기공학과, 충청대학 산업안전과

Electrical characteristics of Engineering Polymer

Jae-Yeol Park, Sung-Hee Park, Oh-Deok Kwon, Seong-Hwa Kang and Kee-Joe Lim

Dept. of Electrical Eng. Chungbuk National Uni, Dept. of Industrial Safety Eng. Chungcheong college

Abstract

Thermo-plastic has generally bad electrical characteristics at high temperature comparing to thermoset-plastics when the plastic apply to electrical power apparatus as an electrical insulator. To solve the problem, we study engineering plastics such as Polyamide and Polyphthalamide as a base resin. And filler of the engineering plastics is glass fiber. Electrical characteristics studied are permittivity, loss factor and breakdown strength according to temperature and frequency of measuring signal. Electrical characteristics of Polyphthalamide has good temperature and frequency dependency comparing to those of Polyamide.

Key Words : Polyamide , Polyphthalamide , Glass Fibre , Permittivity , Loss Factor

1. 서 론

현재 배전급 전력설비에 사용되고 있는 재료는 자기제, 세라믹 및 열경화성 수지가 주이다. 이들 재료가 사용되어온 이유는 열가소성 수지의 경우, 제한된 온도환경에서 사용되어야 하는 제약이 수반되는 반면에 자기제, 세라믹 및 열경화성 수지는 높은 온도에서 적용 가능하다는 장점 때문이다.

이러한 열가소성 수지의 최대 단점인 고온의 내열특성을 극복함으로써 배전급 전력설비에 적용하려는 시도가 EP(Engineering Plastic)에서 시도되고 있다. EP를 전력설비에 적용시 세라믹에 비하여 밀도가 낮기 때문에 제품 중량을 상당히 감소시키며, 성형하기 쉽기 때문에 세라믹보다 단위 길이당 높은 누설 거리를 갖도록 제작하는 것이 용이하며, 젖음(wetting)에 대한 저항성과 발수성이

있어 우수한 섬락 저항성을 보인다. 또한 제조 공정이 간단하기 때문에 제품 완성 시간이 세라믹 제품보다 상당히 짧다.[1]

본 연구에서는 Polyamide 와 Polyphthalamide를 Base resin 으로 하고, 충전제로 Glass Fibre를 사용한 EP를 시료로 하여 유전율 및 $\tan \delta$ 의 주파수 및 온도 의존성을 검토하였다. 또한, 배전급 전기설비에의 적용 타당성을 검토하기 위하여 절연파괴시험을 하였다.

2. 실험 방법

2.1 시 료

Polyamide(R), Polyphthalamide(U)를 Base Resin 으로하여 Glass Fibre(F)를 각각의 충전제로 사용하였으며, Glass Fibre의 양과 lubricant종류에 따라 시료를 4종으로 나누었다.

표 1은 EP 시료의 성분 조성이다.

표 1. 시료의 성분 조성표.

NO	Base Resin	Primary filler	First two number	3rd number	4th number
#1	Polyphthalamide	Glass Fibre	Thermo Comp	None	⊙
#2			Verton		
#3	Polyamide	Glass Fibre	Verton	None	
#4					

#1 : UF-1007

#2 : UF-1009

#3 : RF-700-10

#4 : RF-700-12

⊙ : Wt% of Primary filler in increments of 5%
30 wt% Glass Fibre Reinforcement

2.2 유전율 및 유전손실 측정

비유전율 ϵ_r 을 갖는 유전체가 균일한 전기장에 놓여 있을 경우, 유전체내의 전속밀도 D 와 전기장의 세기 $E[V/m]$ 사이에는 다음 관계가 있다.

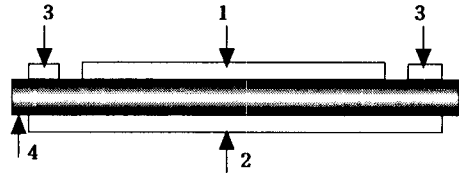
$$D = \epsilon_0 \epsilon_r E [C/m^2] \quad (1)$$

여기서 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [F/m]$ 는 진공의 유전율이며 MKS 단위를 사용했기 때문에 도입된 변환인자이다. 비유전율은 재료의 원자구조로 결정되는 것으로 차원은 없으며, 진공에서는 1이 되고 모든 물질에서는 1이상의 값을 갖는다. 평행 평면판 콘덴서의 정전용량을 C , 전극면적을 A , 전극간격을 d 라고 하면

$$\epsilon_r = \frac{C \cdot d}{A \cdot \epsilon_0} \quad (2)$$

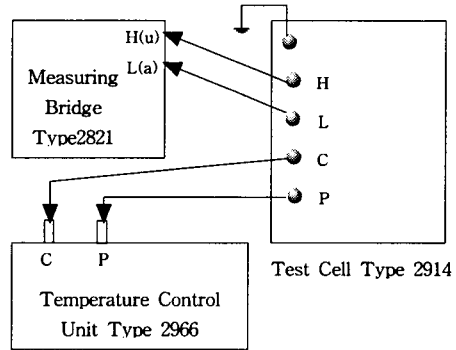
로 주어진다. 그리고 전극간의 공간이 진공인 경우의 정전용량은 $\epsilon_0 A/d$ 가 되며, 따라서 비유전율은 콘덴서의 양전극간에 유전체를 채웠을 때와 이것을 제거했을 때의 정전용량의 비로 정의할 수 있다.

그림 1은 유전율 및 유전손실의 측정에 있어서 시편의 크기 및 전극의 형상이다. 그림 2는 유전율 및 유전손실 측정장치이다.



1. High voltage electrode 2. Low voltage electrode
3. Guard electrode 4. Test object

그림 1. 유전율 및 유전손실 측정용 전극



H : High voltage

C : Control of heating temperature

L : Low voltage P : Heating power

그림 2. 유전율 및 유전손실 측정장치

2.3 절연파괴시험

전기기구에 사용하는 절연물은 정상상태에서의 통전 능력뿐만 아니라 이상상태에서도 파괴되지 않고 견딜 수 있을 정도로 설계가 되어야 한다. 절연물의 이상으로 인한 절연파괴는 대형 사고 등으로 이어지기 때문에 절연물 각각의 절연내력을 파악하는 것은 절연물의 특성을 파악하는데 있어서 상당히 중요한 시험이라고 할 수 있겠다. 절연파괴를 일으키는 전압 V 를 절연파괴전압이라 하고, 이 파괴전압을 시료의 두께 d 로 나눈 V/d 를 절연파괴강도라 한다. 시험시에는 연면방전을 고려하여 절연유에 함침하여 실험을 하였다. 시험장비로는 절연유 내압 시험기(Model type : TDS 55)를 사용하였다. 실험은 전극간을 절연물에 밀착시켜 실험을 행하되 전압을 서서히 상승시켜 정확한 파괴전압을 얻도록 하였다. 5회의 실험을 통하여 그의 평균값을 데이터로 취득하였다.

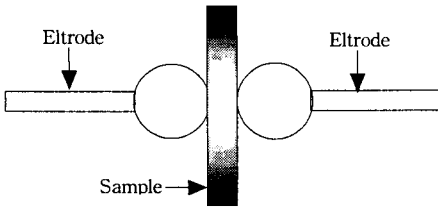
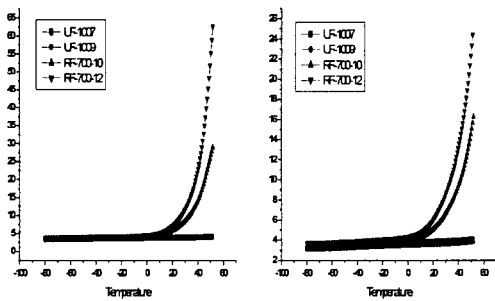


그림 3. 절연파괴시험에 사용된 전극의 형태

3. 실험결과 및 고찰

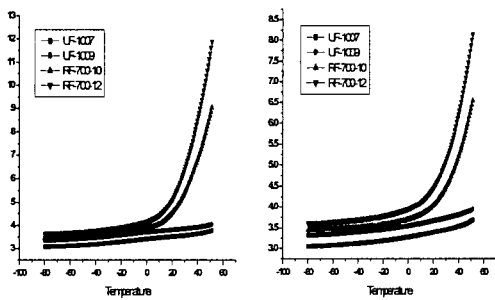
3.1 유전율

Primary Filler 인 Glass Fibre 의 함유량에 따른 각 시료의 유전율은 그림 4와 같다.



(a)주파수 10Hz

(b)주파수 60Hz



(c)주파수 1kHz

(d)주파수 20kHz

그림 4. 주파수에 따른 유전율 특성

그림 4에서 UF 계열은 온도와 주파수가 변하여도 유전율의 변화가 거의 없음을 알 수 있고, 고주파(1kHz, 20kHz)일때는 Primary Filler의 함유량에 따라 유전율의 변화가 있음을 알 수 있다. 하지만 RF 계열은 0℃이상에서 유전율이 급격히 상승하였으며, 주파수에 대해서는 UF계열과 마찬가지로 고주파일 때 Primary Filler의 함유량에 따른 차이를

볼 수 있었으며, 저주파일때와 고주파일때의 유전율이 UF계열보다 상당한 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 표 2는 각 온도 및 주파수에서의 유전율이다.

표 2. 주파수 와 온도별에 따른 유전율

시 료	10Hz			60Hz			1kHz			10kHz		
	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃
1	3.36	3.52	3.72	3.29	3.49	3.69	3.17	3.41	3.63	3.12	3.27	3.54
2	3.66	3.82	4.02	3.58	3.78	3.98	3.46	3.69	3.91	3.38	3.54	3.79
3	3.75	4.08	14.4	3.68	3.99	9.62	3.57	3.86	6.68	3.51	3.70	52.12
4	3.98	4.43	21.8	3.91	4.31	12.6	3.77	4.13	8.28	3.70	3.93	6.10

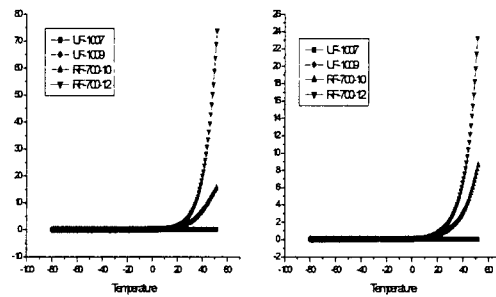
1 : UF-1007 2 : UF-1009

3 : RF-700-10 4 : RF-700-12

3.2 유전손실

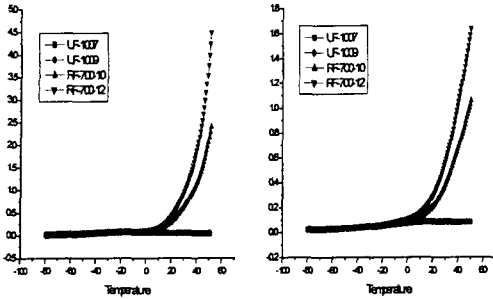
절연재료에 교류전압을 인가하면 에너지가 열로 되어 손실되는데, 손실 에너지는 $\epsilon_r \cdot \tan \delta$ 에 비례한다.

그림5는 온도 및 주파수에 따른 유전손실의 변화를 나타낸 것이다. 유전손실은 유전율과 유사한 경향을 보이지만, 10Hz 일때의 RF-700-12 의 손실이 20℃이상에서 급격히 상승하는 경향을 나타냈다. 또한, UF 계열이 RF 계열에 비해 유전손실이 작은 것을 알 수 있다.



(a)주파수 10Hz

(b)주파수 60Hz



(c)주파수 1kHz (d)주파수 20kHz

그림 5. 주파수에 따른 유전손실 특성

표 3. 주파수와 온도별에 따른 유전손실

	10Hz		60Hz			1kHz			10kHz			
	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃	-40℃	0℃	40℃
1	0.05	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.06	0.03	0.03	0.06	0.07
2	0.05	0.03	0.04	0.06	0.03	0.03	0.05	0.06	0.04	0.03	0.07	0.08
3	0.04	0.09	7.12	0.05	0.07	3.23	0.05	0.08	1.10	0.05	0.08	0.67
4	0.06	0.12	18.3	0.06	0.09	6.09	0.05	0.09	1.78	0.04	0.10	0.98

3.3 절연파괴시험

절연파괴 시험은 절연유 내에서 표면 방전이 일어나지 않도록 시료를 충분히 크게 하여 실험을 하였다. 표 4는 각 시료의 절연파괴강도이다. UF 계열이 RF 계열에 비해 절연파괴강도가 높았다.

표 4. 각 시료의 절연파괴강도

시 료	절연파괴강도(kV/mm)
UF-1007	31
UF-1009	30.5
RF-700-10	26.5
RF-700-12	24

4. 결 론

전기설비에 열가소성 수지의 적용 타당성을 검토하기 위한 기초연구로써 Engineering Plastic의 유전율, 유전손실 및 절연파괴강도를 검토하였다.

Polyphthalamide(U) 가 Polyamide(R) 계열에 비하여 온도에 대해 유전율, 유전특성과 절연파괴강도 면에서 특성이 좋았으며, RF 계열은 온도와 주파수에 따라 상당한 변화를 보였다.

대체적으로 UF 계열이 유전율, $\tan \delta$ 및 절연파괴강도면에서 RF 계열에 비해 우수한 특성을 보였다.

참고 문헌

- [1] 한국전기연구소, "99고분자 절연재료 기술", 1999년 기술교육교재, p. 29-34, 1999.
- [2] A. R. Blythe, "Electrical properties of Polymer", CAMBRIDGE University Press, 1980
- [3] H.Tanida, I.Ishikawa, A.Yoshino, H.Sunazuka and T.Niwa, "Study on characteristics of new engineering plastics for wire and cable insulators" ,CEIDP ,1991 Annual Report, p374~380, 1991
- [4] P.C.Fithian, S.B.Neher, P.Harboe-Schmidt, "Engineering thermoplastics resins for coil forms and encapsulation" , Electrical Electronics Insulation Conference, 1995, and Electrical Manufacturing & Coil Winding Conference. Proceedings , p511~515. 1995