

Epoxy 복합체의 내부 보이드에 따른 부분방전특성

김탁용, 신종열, 이준환*, 이덕진*, 홍진웅
광운대학교, * 극동대학교
016-478-9096

Partial Discharge Characteristics of Epoxy Composite due to Internal Void

T. Y. Kim, J. Y. Shin, J. H. Lee*, D. J. Lee*, J. H. Hong
Kwangwoon University * Far East University
xkrdyd@kw.ac.kr

Abstract - Stability of inside power equipments are required for electron equipment in order to operate those safely. Also, the power circuits for these have been developing, but research of dielectric strength of power supply is insufficient .

In this paper, for test insulation condition variation by void it is tested insulation character- istics variation, using $\phi-q-n$ distribution varia- tion in partial discharge test.

1. 서론

산업의 발전으로 전자장비의 사용이 증가하고 있으며, 또한 이런 전자장비의 대부분은 DC전원을 사용하고 있다. 그러나 전력공급은 AC전원을 사용하고 있다. 이로 인해 전자장비의 내부에는 소형변압기 및 정류기를 통해 전자장비의 DC전원을 공급해 주고 있다. 또한 전자장치의 소형화로

인하여 내부 전원장치의 소형화로 요구되어지고 있다.

그로 인해 내부 전원장치의 전기적 안정성이 전자장비의 수명과 밀접한 관련성이 대두되면서 내부 전원장치의 전기적 신뢰성을 향상시키기 위해 전원장치의 안정된 구동 및 과전류에 대한 완전한 절연상태를 유지해야만 한다. 그러나 최근 이를 위해 전력회로에 대한 연구는 많이 되어지고 있지만 절연체에 대한 연구는 매우 미흡한 상황이다.

이에 본 논문에서는 전기적 절연성이 우수하며, 반영구적으로 사용할 수 있어, 환경성 및 소형화에 우수한 능력을 가진 에폭시 복합체^[1]의 보이드에 따른 특성변화를 알아보기 위하여 RC검출기에 의한 부분방전 특성을 변화를 조사하였다.^{[2][3]} 또한 Matlab을 이용하여 발생된 전체 방전전하량 및 빈도수를 조사하였다.

2. 실험방법

2-1 시료

본 실험에서 사용한 에폭시 수지는 소형 몰드변압기에 사용되는 시료를 지름 100[mm]의 원판으로 제작한 후 이층으로 적층하여 그 중앙에 지름 2[mm]의 구형보이드를 제작하였다.^[4]

표 1은 시료의 경화조건 및 기본 물성을 나타내고 있다.

표 1. 시료의 물성

Table 1. Physical properties of specimen

배합비[wt%]		에폭시수지	경화제
경화 시간	온도 [°C]	100	28
	시간 [h]	1차	2차
유리전이온도[°C] (T_g)		90	140
유전정접[%] (25[°C]-50[Hz])		2.5	2.5
유리전이온도[°C] (T_g)		120	
유전정접[%] (25[°C]-50[Hz])		0.54	

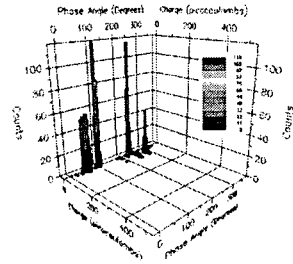
2-2 실험장치

부분방전전하량 측정을 위하여 AVO Co.에서 제작된 부분방전 측정 장치를 사용했으며, 전압은 교류 60[Hz], 3~10[kV]를 step인가법에 의해 승압하였다. 또한 전압인가 후 즉시 데이터를 acquisition 하였으며, 10초(600사이클) 동안 발생한 전하량 및 빈도수를 위상별로 검출하여 한 사이클에 적층하였으며, $\phi-q-n$ 데이터를 3차원 그래프로 작성하였다.

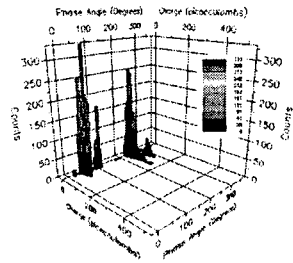
또한 전극으로는 CIGRE Method II를 이용한 전극을 사용하였으며, 전체방전전하량, 전체빈도수 및 위상 검출을 위해 MATLAB으로 프로그래밍하여 검출하였다.

3. 결과 및 고찰

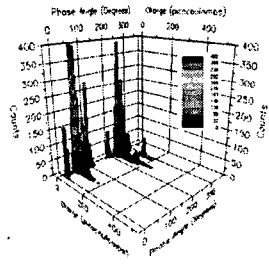
원형 판상 에폭시 무보이드 시료에서 부분방전 특성을 조사하기 위하여 인가전압 3[kV]~10[kV]을 인가하고 부분방전 특성인 $\phi-q-n$ 의 분포를 그림 1에서 나타내었다.



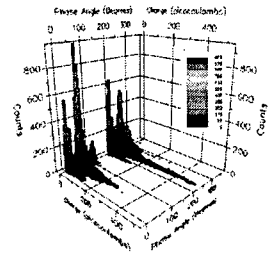
(a) 6[kV]



(b) 7[kV]



(c) 8[kV]



(d) 10[kV]

그림 1 무보이드 에폭시의 $\phi-q-n$
Fig. 1 $\phi-q-n$ of no void epoxy specimen

그림 (a) ~ (d)는 무보이드 에폭시 시료의 ϕ

-q-n 분포를 나타낸 것으로, 인가전압 5.5[kV] 이하에서는 저전압으로 인하여 부분방전 특성이 나타나지 않는 것으로 생각된다. 그림 (a)는 인가전압 6[kV]에서의 부분방전 특성으로 정극성에서는 위상범위 0° ~ 105°에서 전하량 15,328[pC], 빈도수 730, 부극성에서는 위상범위 175° ~ 250°와 180° ~ 330°의 2개의 영역에서 전하량 14,736[pC], 빈도수 415를 나타내고 있어 부분방전 특성이 나타나기 시작함을 보여 주고 있다. 그림 (b)는 인가전압 7[kV]에서의 부분방전 특성으로 정극성에서는 위상범위 10° ~ 105°에서 전하량 82,056[pC], 빈도수 3,009를 나타내고, 부극성에서는 위상범위 방전전하량 128,200[pC], 빈도수 2,814로써 최대 빈도수와 빈도수는 정극성이 더 크지만 전하량은 부극성이 156[%] 더 크다. 이것은 부극성에서 전자의 반발력이 더 크기 때문으로 사료된다.

그림 (c)는 인가전압 8[kV]에서 측정된 부분방전 특성으로 정극성은 위상범위 0° ~ 110°에서 전하량 263,984[pC], 빈도수 6,821를 나타내고, 부극성에서는 전하량 372,808[pC], 빈도수 7,226으로 부극성에서의 전하량이 정극성에서보다 141[%] 이상 크게 나타남을 확인할 수 있다.

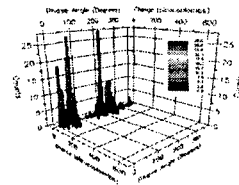
그림 (d)에서는 인가전압 10[kV]일 때의 부분방전 특성으로 최대빈도수는 정극성에서 훨씬 더 크지만 빈도수는 정극성 22,726, 부극성 23,969로 부극성이 1,243만큼 더 크고, 또 방전전하량도 정극성은 위상각 0° ~ 120°범위에서 1,064,256[pC]이나, 부극성은 위상 180° ~ 300° 범위에서 1,608,928[pC]으로 부극성이 정극성보다 151[%] 이상 더 큼을 확인할 수 있다.

표 2. 인가전압에 따른 부분방전 특성

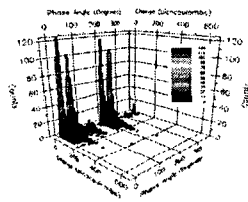
Table 2. PD characteristics of no void epoxy

Voltage e [kV]	n counts		q[pC]	
	(+)	(-)	+ q _{total}	-q _{total}
6.0	730	415	15,328	14,736
7.0	3,009	2,814	82,056	128,200
8.0	6,821	7,226	263,984	372,808
10.0	22,726	23,969	1,064,256	1,608,928

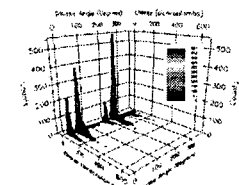
따라서 인가전압이 높으면 방전전하량도 증가하고 일반적으로 빈도수도 증가함을 확인할 수 있으며, 방전전하량은 정극성보다 부극성에서 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이것은 정극성에서보다는 부극성에서 전자의 반발력이 더 크기 때문으로 사료된다. 앞의 내용을 정리하면 표 2와 같다.



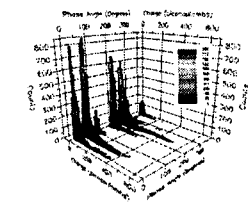
(a) 4[kV]



(b) 5[kV]



(c) 6[kV]



(d) 8[kV]

그림 2. 공기보이드의 ϕ -q-n

Fig. 2 ϕ -q-n of air void epoxy specimen

원형 판상 에폭시 시료에 있는 공기보이드에 발생할 수 있는 부분방전 특성을 조사하기 위하여 인가전압 3[kV]~8[kV]를 인가하여 실험하여 그림 2와 같은 ϕ -q-n 분포도를 얻었다.

그림 (a)는 인가전압 4[kV]를 시료에 인가할 경우 나타나는 ϕ -q-n 분포도로써 3[kV] 이하에서는 저전압으로 인하여 부분방전 특성이 나타나지 않음을 확인하였고, 정극성에서는 위상범위 0°~75°와 130°부근에서 전하량 13,149[pC], 빈도수 344를 나타내고, 부극성에서는 위상범위 전 영역에서 전하량 11,100[pC], 빈도수 289으로 부극성보다 정극성에서 118[%] 이상 많은 전하량을 나타내고 있다.

그림 (b)는 인가전압 5[kV]를 가하여 부분방전 특성을 조사한 것으로 정극성에는 위상범위 0°~140°에서 방전전하량 126,800[pC], 빈도수 2,545를 보이고, 부극성에서는 전하량 121,750[pC], 빈도수 2,456을 보이고 있어 정극성과 부극성이 거의 비슷한 전하량을 나타내고 있다. 그림 (c)는 전압 6[kV]를 인가하여 부분방전 특성을 조사한 것으로 위상범위가 거의 전 영역에서 정극성의 방전전하량 200,100[pC]과 빈도수 4,617을 보이고, 부극성에서는 전하량 240,200[pC], 빈도수 5,964를 보이고 있다. 정극성보다 부극성에서 120[%] 더 많은 전하량을 얻고 있다.

또한 그림 (d)는 인가전압 8[kV]에서의 부분방전 특성으로 위상 0°~130°의 범위에서 전하량 1,249,000[pC]을 보이고, 빈도수는 23,918을 나타내며, 부극성에서는 1,773, 600[pC], 빈도수 26,495로 정극성보다 부극성에서 142[%] 이상 더 많은 전하량을 나타내고 있다. 이것 역시 인가전압이 높아지면서 부극성에서의 전자 반발력이 커지기 때문인 것으로 사료된다.

다음의 표 3은 공기보이드가 있는 시료의 부분방전을 나타내고 있다.

따라서, 표에서 확인할 수 있는 것처럼 인가전압이 상승하면 방전전하량과 빈도수가 증가하게 되며, 일반적으로는 부극성에서 더 큰 전하량과 빈도수를 보이지만 비교적 낮은 전압에서는 방전

전하량과 빈도수가 정극성에서 오히려 더 많이 나타남을 확인할 수가 있다.

표 3. 공기보이드의 부분방전 특성
Table 3. PD characteristics of air void

Voltage [kV]	n-counts		q[pC]	
	(+)	(-)	+ Q _{total}	-Q _{total}
4.0	344	289	13,149	11,100
5.0	2,545	2,456	126,800	121,750
6.0	4,617	5,964	200,100	240,200
7.0	6,821	17,851	654,480	973,590
8.0	17,748	26,495	1,249,000	1,773,600

3. 결론

Epoxy 복합재료의 부분방전 조사결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 무보이드에서 6[kV]이하의 전압에서는 부분방전은 매우 미소한 값을 나타내고 7[kV]이후부터 큰 방전이 나타남을 알 수 있었다.
- (2) 무보이드에서 전압의 증가에 따라 정극성과 부극성의 방전전하량 차이가 점차 커짐을 알 수 있었다.
- (3) 보이드가 존재할 경우 5[kV]이상부터 방전전하량이 크게 나타나다가 10[kV]에서는 trip 전하량 이상의 전하량을 나타냄을 볼 수 있었다.
- (4) 전압의 증가에 따라 보이드가 존재할 경우 정극성의 전하량이 점차 증가함을 볼 수 있었다.

참고문헌

- [1] 大木正路, “高電壓工學”, 鎭書店, pp.53-56, 166-169.
- [2] Dr F.H. Kreuge, " Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Butterworth & Co. Ltd, pp.50-63.
- [3] 大木義路, “誘電體物性” 培風館, pp.111-144.
- [4] L.A.Dissado, J.C. Fothergill, "Electrical Degradation and Breakdown in Polymers", Peter Peregrinus Ltd. pp.75-112