

UPS용 절연재료의 부분방전 특성

Partial discharge properties of insulating materials for UPS

이덕진(Deok-Jin Lee)¹⁾

요약

본 논문에서는 소형변압기에 적용되는 절연재료의 전기적 신뢰성을 평가하기 위하여 시간변화에 따른 방전전하량 특성을 조사하였다. 10[kV]의 교류전압을 인가한 후 $\pm 5[V]$ 의 전압으로 변환시켜 A/D변환기를 통해 컴퓨터로 데이터를 저장하였으며 인가된 파형의 한주기 및 방전전하량 값을 64개로 분할하고 10초 동안 발생한 전하량을 위상별로 누적하였다. 이 값들을 분석한 결과, 전압 인가시간이 증가함에 따라 방전발생빈도수 및 총 방전전하량은 감소하였으며 평균 방전전하량의 변화폭이 완만해짐을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, the discharge properties due to time variation were investigated in order to estimate a electrical performance of the insulator for small transformer. AC 10[kV] applied to specimen was converted to $\pm 5[V]$ and stored to personal computer through A/D converter. A period of applied wave form and discharge values were divided into 64 parts and discharge values generated during 10 seconds were accumulated by phases. As a result, it was confirmed that count of discharge, total discharge and the variation degree of average discharge were decreased as time elapsed.

Key Words : count of discharge, total discharge, average discharge

논문접수 : 2003. 12. 5.
심사완료 : 2003. 12. 11.

1) 정회원 : 극동대학교 전자공학과 전임강사

1. 서론

산업의 발전으로 광대한 정보 처리 및 효율성 확대를 위한 업무의 전산화 등에 따라 컴퓨터 사용이 증가되고, 이와 더불어 급작스런 전기적 사고에 의해 데이터의 손실 및 장비의 고장으로 작업장에 피해를 입히는 새로운 문제점이 대두되어지기 시작했다. 이에 따라 중앙 전산관리를 하는 곳에는 정전압 레귤레이터, UPS 및 이 두 가지 기능을 모두 가진 장비를 구비하고 있으며 더불어 백업시스템을 설치하고 있다. 그러나 컴퓨터의 저장용량 증가와 사고 시 백업시스템의 안정적 구동을 위해 전원장치의 대응량화는 필수 불가결한 요소가 되었다. 이와 더불어 전원장치의 전기적 신뢰성을 향상시키기 위해 전력설비의 안정된 구동 및 과전류에 대한 완전한 절연상태 유지에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 대해 최근 전력회로에 대한 연구가 활발히 진행되어오고 있으며, 또 하나의 요소인 절연재료에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

이에 따라 본 논문에서는 전기적 절연성이 우수하며, 반영구적으로 사용할 수 있고, 환경성 및 집적화에 우수한 성능을 가진 에폭시 수지에 대하여, 절연성능의 시간의존성을 알아보기 위하여 RC검출기에 의한 부분방전 특성 변화를 고찰하였다.[1-3]

2. 실험

본 실험에 사용된 시료는 에폭시 수지에 충전재로 SiO₂를 100:100의 비율로 고온상태에서 교반하여 원형 틀에 채운 후 고온압축기로 120 [°C]에서 한 시간 동안 1000[Pa]로 압력을 가한 후 150[°C] 진공오븐에서 3시간 동안 2차 경화를 행하였다.

시료의 크기는 지름 6cm, 두께 1[mm]의 원통형태로 제작하였으며, 그림 1은 부분방전 검출에 이용한 CIGRE Method-II (CM-II) 전극계를 나타낸 것으로 구전극의 아래에 시료를 삽입하였다.[4] 표 1은 시료의 경화시간을 나타내고 있다.

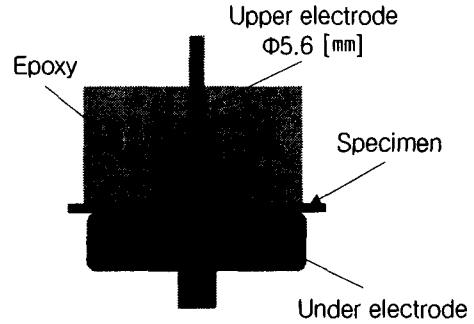


그림 1. 전극의 형상
Fig. 1. Shape of electrode

표 1. 경화조건
Table 1. Cure condition

1차경화	온도 [°C]	120
	시간 [time]	1.5
2차경화	온도 [°C]	150
	시간 [time]	3

PD(부분방전) 전하량은 RC검출기에서 전압으로 검출하도록 하였으며, 1000대 1 프로브를 이용하여 인가된 고전압을 ±5[V]의 전압으로 변환시켜 A/D변환기를 통해 컴퓨터로 데이터를 기억시키도록 하였다. 또한 한 주기를 64개로 분할하였으며, 방전전하량 값 또한 64개로 분할하여 기록하였다. 전압은 교류 10[kV]를 인가하였고, 데이터 검출시간은 전압인가 후 즉시, 1, 5, 15, 30 및 60분 단위로 측정하였으며, 10초동안의 발생하는 방전전하량을 각 위상별로 누적시켰다.

그림 2에 실험 장치의 개략도를 나타내었다.[5]

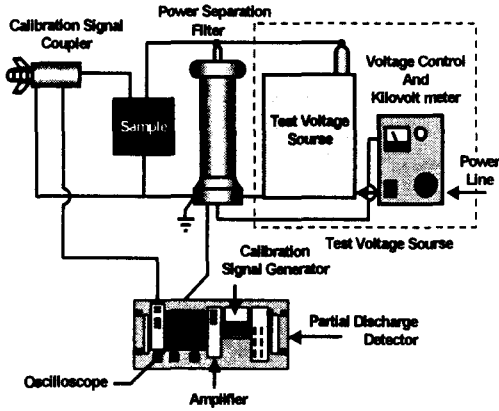


그림 2. 검출회로
Fig.2. Circuit of detector

3. 결과 및 고찰

3.1 전압인가시간에 따른 방전빈도수

그림 3은 10[kV] 인가 직후 방전발생빈도수를 위상별로 나타낸 것이다.

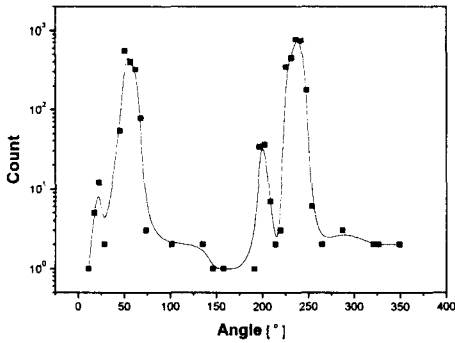


그림 3. 전압인가 직후 방전발생빈도수
Fig 3. Count of discharge at 0 min

그림 3에 나타난 바와 같이 정극성에서 45°-70° 영역에서 방전이 가장 많이 일어남을 볼 수 있으며, 빈도수도 최고 557로 매우 높은 값을 나타낸다. 부극성에서 보면 197°-203°영역에서 34-36의 값을 나타내다가 225°-242°영역에서 400회 이상의 값을 가지면서 최대 773의 높은 값을 나타내고 있다.

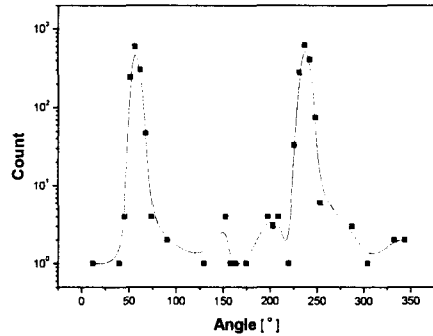


그림 4. 5분 후 방전발생빈도수
Fig 4. Count of discharge at 5 min

그림 4의 경우는 동일 조건하에서 5분이 경과한 후의 결과를 나타낸 것이다. 정극성에서 51°-62°영역에서 335-370의 방전발생빈도수를 나타내며, 부극성에서는 231°-242°영역에서 277-409의 값을 나타내고 있다. 그림 3에 비해 빈도수가 약간 감소함을 볼 수 있으며 발생영역도 좁아짐을 알 수 있었다.

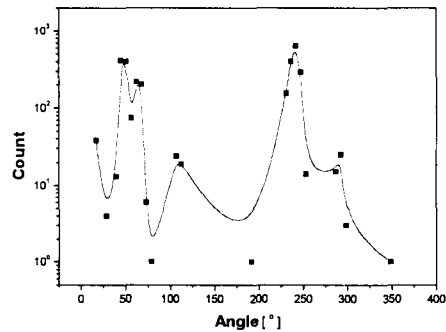


그림 5. 30분 후 방전발생빈도수
Fig 5. Count of discharge at 30 min

그림 5는 동일 조건하에서 30분이 경과한 후의 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 방전발생빈도는 정극성에서 최대 414, 부극성에서 639로 그림 4보다 더 높은 값을 나타내지만, 초기보다 더 낮은 값을 나타냄을 볼 수 있다. 그러나 발생영역은 정극성에서는 45°-68°

의 영역으로 초기와 비슷한 영역을, 부극성에서는 231°-248°영역으로 그림 4보다 좁은 영역을 차지하고 있다.

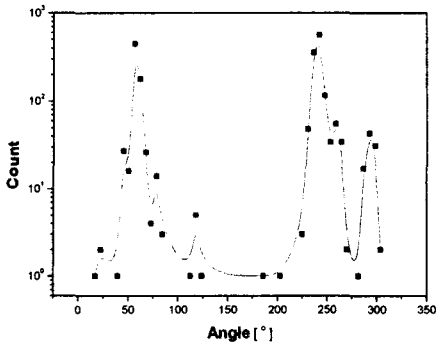


그림 6. 60분 후 방전발생빈도수
Fig 6. Count of discharge at 60 min

그림 6은 전압인가 후 60분이 경과한 후 위상에 따른 방전발생빈도수를 나타낸 것이다. 정극성의 경우 56°영역에서 446, 62°영역에서 178로 매우 좁은 영역에서만 높은 값을 나타내고 그 외는 20정도의 낮은 빈도수를 나타내고 있다. 부극성에서는 236°-280°영역에서 100이상의 빈도수를 그리고 그 주변 및 292°에서만 40정도의 값을 나타내고 있으며 그 외는 모두 방전발생빈도가 10정도의 값을 나타내고 있다.

이 결과로부터 전압인가시간이 증가함에 따라 발생영역이 점차적으로 작아지며, 빈도수도 작아짐을 알 수 있었다.

3.2 전압인가시간에 따른 총 방전전하량

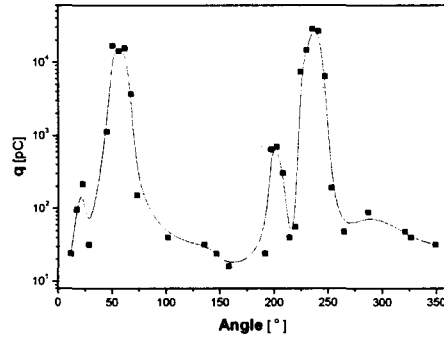


그림 7. 전압인가 직후 총방전전하량
Fig. 7. Total discharge at 0 min

그림 7은 전압인가 직후 10초 동안 발생한 방전전하량의 누적값을 위상별로 나타낸 그래프이다.

그림에서와 같이 정극성에서는 51°-62°영역에서 15,000[pC]이상의 전하량을 나타냈으며, 부극성에서는 197°-208°영역에서 약 700[pC]의 값을 나타내다가 231°-242°영역에서 15,000[pC]이상의 값을 나타내고 최대 28,296[pC]의 값을 나타내고 있다.

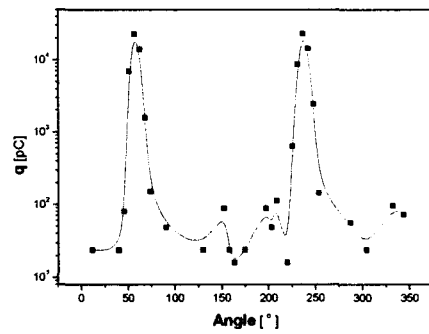


그림 8. 5분후 총방전전하량
Fig. 8. Total discharge at 5 min

그림 8은 동일조건하에서 5분 경과 후 10초 동안의 방전전하량을 누적한 값이다.

그림에서 보게 되면 정극성에서 56°-62°영역에서만 10,000[pC]이상의 값을 나타내었다. 또한 부극성에서는 236°-242°의 좁은 영역에서만

10,000 [pC] 이상의 값을 나타냈으며, 최대 방전 전하량도 정극성에서는 22,720[pC], 부극성에서 23,056[pC]의 값으로 전압인가 직후보다 낮은 값을 나타내고 있다.

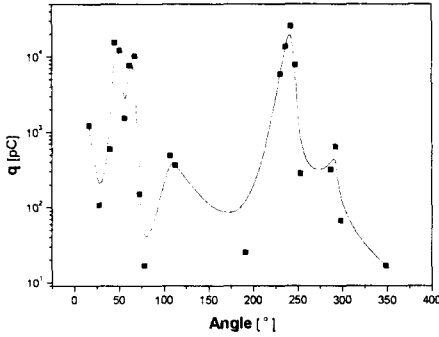


그림 9. 30분 후 총 방전전하량
Fig. 9. Total discharge at 30 min

그림 9는 전압인가 후 30분이 경과한 경우를 나타내고 있다. 전압인가 후 30분이 경과하면 정극성에서 45°-68°에서 10,000[pC]이상의 값을 가지고, 부극성에서는 236°-242°영역으로 5분이 경과한 경우와 동일영역에서 10,000[pC]이상의 방전전하량 값을 나타내고 있다.

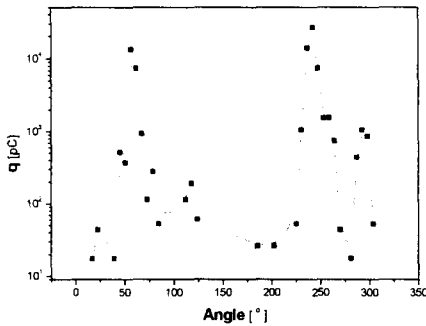


그림 10. 60분후 총방전전하량
Fig. 10. Total discharge at 60 min

그림 10의 경우는 전압인가 후 60분이 경과한 후를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 정극성에서 56°에서만 10,000[pC]이상의 값

을 가지며 그 외 영역에서는 거의 500[pC]이하의 값을 나타내고 있다. 또한 부극성에서는 236°와 242°에서만 13,738[pC] 및 26,358[pC]의 값을 나타내고, 그 외 영역에서는 매우 낮은 방전전하량 값을 나타내고 있다.

3.3 전압인가시간에 따른 평균방전전하량

그림 11는 전압인가 직후 10초동안 방전발생 전하량을 평균한 그래프이다.

그림에서 평균방전전하량의 분포를 보면 전압인가 직후에 정극성에서 45°-73°영역에서 21-51[pC]의 값을 나타내고 있으며, 부극성에서는 208°에서 43.43[pC], 231°-253°영역에서 30[pC]이상의 값을 나타내고 있다.

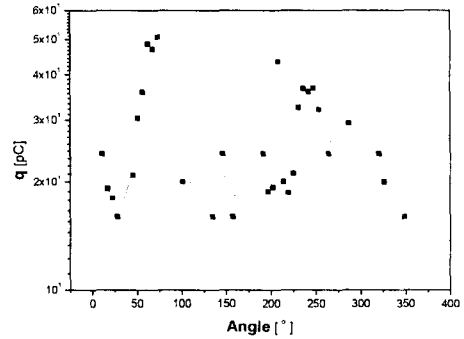


그림 11. 전압인가 직후 평균방전전하량
Fig 11. Average discharge at 0 min

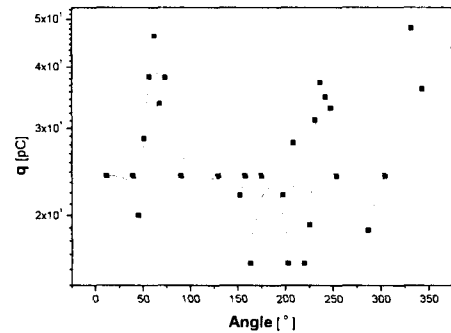


그림 12. 5분후 평균방전전하량
Fig 12. Average discharge at 5 min

그림 12는 전압을 인가하고 5분이 경과한 후의 평균방전전하량을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 39°- 73°에서 20[pC]의 값으로 평균방전전하량은 전압인가 직후보다는 낮고 발생영역은 좀 더 넓어짐을 알 수 있다. 부극성에서는 231°-248°영역에서 30[pC]이상의 값을 나타내고 있다.

그림 13는 전압인가 후 30분이 경과한 후의 평균방전전하량을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 17°영역에서 30[pC]의 값을 나타내다가 39°-79° 영역에서 주로 발생함을 볼 수 있었다. 부극성 영역에서도 231°-253°영역에 30[pC]이상의 높은 방전전하량을 나타내고 있었다.

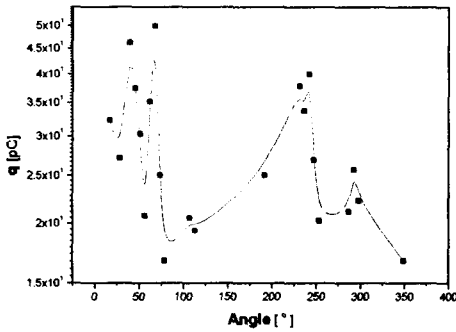


그림 13. 30분후 평균방전전하량
Fig 13. Average discharge at 30 min

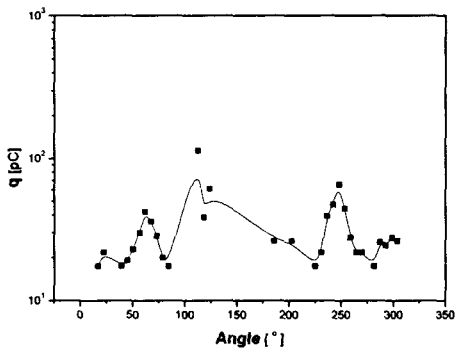


그림 14. 30분후 평균방전전하량
Fig 14. Average discharge at 30 min

그림 14는 전압인가 시간이 60분이 경과한 후 10초 동안 발생한 방전전하량을 평균한 그래프이다. 정극성에서 39°-84° 영역에 걸쳐 비슷한 방전전하량을 나타내고 113°이상영역에서 100[pC]이상의 높은 값을 보이며 서서히 낮아지다가 부극성 영역에서는 225°-258°영역에서 다시 높아지는 것을 볼 수 있었다. 전압인가시간이 60분을 넘으면서 평균방전전하량은 변화의 폭이 둔화되고, 간간히 높은 방전전하량을 나타냄을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 시간의 경과에 따라 절연체 내부의 약한 부분으로 전계의 집중을 유도하고, 전자사태파괴로 인한 순간적인 전류변화가 급격하게 나타남에 따라 일어난다고 생각되어진다.

4. 결론

UPS 절연용 에폭시 수지의 시간변화에 따른 부분방전특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 방전발생빈도수는 전압인가 시간이 증가함에 따라 점차적으로 감소하며, 발생위상영역은 넓어지지만 높은 값을 나타내는 영역은 오히려 좁아지는 것으로 나타났다.
- (2) 전체 방전전하량은 전압인가시간에 따라 방전발생 빈도수 특성과 비슷한 경향을 나타내었다.
- (3) 평균방전전하량의 경우 전압인가시간이 증가함에 따라 변화의 폭이 완만하게 나타났다.
- (4) 평균방전전하량은 전압인가시간의 증가에 따라 간간히 매우 높은 값을 나타내는 경우가 있었다.

참고 문헌

- [1] Dr F.H. Kreuge, " Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Butterworth & Co. Ltd, pp.29-35, 1989.
- [2] 大木正路, "高電壓工學", 鎭書店, pp.53-56, 166-169, 1980.
- [3] 金岩浩志 外 2人, "模擬トリーチャンネルカ

- らのトリー伸展に伴う部分放電パルス列の特性”, Trans. IEE of Jappan, Vol.120-A, No.4, 2000.
- [4] 市川祝己기, “コンピュータ計測による高分子材料の部分放電劣化現像の検討”, 電気學會, pp.31-39, 1994.
- [5] “配電設備 劣化診断技術”, 電気學會技術報告, pp.3-11, 1995.

이덕진



1993년 광운대학교 학사

1995년 광운대학교 석사

2000년 광운대학교 박사

1995년-2000년 광운대학교신기술
연구소연구원

2001년-2002년 두원공과대학 전
기과 겸임교수

2002년-현재 극동대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 방전 및 고전압, 신호처리, 디스플레이
이소자