

PCB용 고분자의 절연 신뢰도 특성 데이터 분석

박건호^o

^o청강문화산업대학교 모바일스쿨 모바일통신전공

e-mail: ghpark@ck.ac.kr^o

Data Analysis of Insulating Reliability Properties in Polymer for PCB

Geon-Ho Park^o

^oSchool of Mobile Communication, Chungkang College of Cultural Industries

● 요약 ●

본 연구에서는 인쇄회로기판(PCB)용 재료로 널리 사용되는 고분자에 대해서 와이블 분포 방정식의 시물레이션을 수행하여 절연 신뢰도 특성 데이터를 분석하였다. 와이블 분포에 대한 분석 시물레이션을 통하여 일반적으로 허용 절연 파괴 확률을 0.1[%] 이하라고 설정하였을 때, 첨가제 배합비를 5종으로 구분한 각 시편에 대해서 인가 전계의 허용치를 각각 계산할 수 있었다.

키워드: 인쇄회로기판(Print Circuit Board), 와이블 분포(Weibull Distribution equation), 절연 신뢰도(Insulating Reliability), 절연 파괴(Dielectric Breakdown)

I. 서론

안전성이 높은 송전 체계 및 전력 기기의 확대 실현 및 절연 구성의 고전계화에 대처하기 위해서는 전기 절연성을 미시적 관점의 물성론에 입각한 해석이 선행되어야 하며, 이와 더불어 안정된 시스템을 구축하기 위해서는 구성 재료의 열적, 기계적, 화학적 및 경년 열화에 대한 제 현상론의 이해와 열화 진단에 관한 연구가 필수적으로 이루어져야 한다.^{[1]-[3]} 따라서 본 연구에서는 인쇄회로기판(PCB) 재료로서 널리 사용되고 있는 에폭시 복합체를 주재료로 하여 첨가제를 설정해 놓은 배합비에 의해 5종으로 제작한 각 시편에 대해 DC 절연 파괴 실험을 통해 얻어지는 절연 파괴 데이터를 가지고 수명 평가나 파괴 통계에서 주로 이용되는 와이블 분포 방정식을 이용하여 임의의 허용 파괴 확률에서의 허용 인가 전계 값을 추정하여 절연 안전성을 판단하기 위한 절연 신뢰도 특성 데이터의 분석 방법을 제시하였다.

중요한 요소이기 때문이다. 일반적으로 데이터가 n 개 있고 이 중에서 i 번째의 데이터가 $X_i(i=1, 2, \dots, n)$ 인 경우 평균치(\bar{X})와 표준편차(σ)는

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$$
$$\sigma = \sqrt{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2} / n$$

또한, 누적 확률 분포는 확률변수 X 의 실효치를 x 로 하여

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - x_l}{x_s}\right)^m\right] \quad (x \geq x_l)$$
$$= 0 \quad (x < x_l)$$

확률변수 X 의 실효치가 x 이하가 되는 확률이 $F(x)$ 라는 것을 의미하고 있는데, 여기서 위치파라미터(x_l)는 이 값 이하에서는 절대로 절연 파괴 등의 현상이 일어나지 않는다는 하한치이며, 또한 척도파라미터(x_s)는 누적 파괴율 63.2[%]에 해당하는 평균적인 파괴 강도에 대응하며, 형상파라미터(m)는 누적 파괴 확률 분포의 분포 형상을 결정하는 것으로서 형상파라미터(m)가 커짐에 따라 흐트러짐은 작은 분포로 되며 형상파라미터(m)가 1정도에서는 지수 분포에 가까운 분포 형상이 되고, 4정도 이상이 되면 정규 분포에 가까운 분포 형상이 된다. 그림1은 절연 파괴 데이터를 이용하여 인가 전계에 대해 파괴 확률을 예측하기 위하여 수행된 절차를 나타내는 알고리즘이다.

II. 본론

1. 와이블 분포

와이블 분포는 고전압 기기의 열화 통계에 가장 많이 사용되고 있는 것으로 우선 가장 기본적인 통계량인 평균값(\bar{L})과 표준편차(σ)를 구해야 하는데 이는 파괴 데이터를 실제의 기기 설계에 이용하는 경우 평균값이 중요함은 물론 흐트러짐의 지표인 표준 편차도 매우

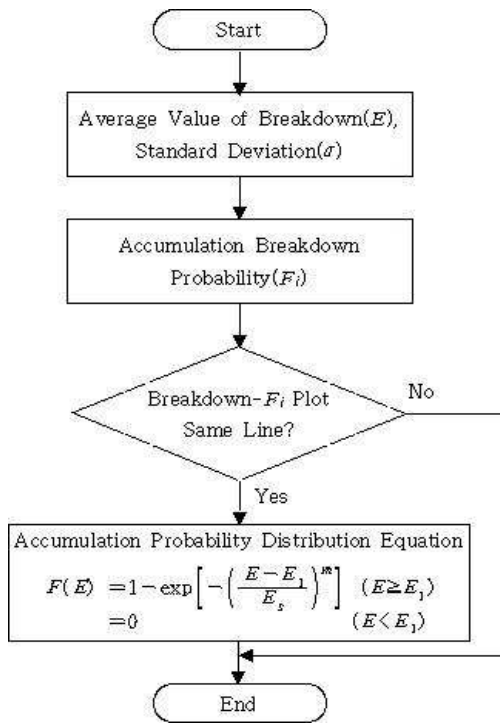


그림 1. 와이블 분포의 알고리즘
Fig. 1. The Algorithm of Weibull Distribution

2. 시뮬레이션에 의한 허용 인가 전계값

절연 파괴 실험을 통해 얻은 각 파라미터 및 이들을 이용하여 시뮬레이션을 한 결과, 허용 파괴 확률이 0.1[%]인 경우 다음의 표 1에서와 같은 허용 인가 전계 값을 구할 수 있었다. 이들로부터 경화제의 첨가량이 많을수록 허용인가 전계 값은 증가하며, 충전제를 첨가한 경우를 고려하면 충전제 첨가 시의 허용인가 전계 값이 실란 처리를 했을 때 보다 더 낮게 나타났는데 이는 절연 파괴 특성에서 나타나는 결과와 잘 부합하고 있으며, 이 때의 허용 인가 전계 값은 22[kV/mm] 이하가 되어야 할 것으로 사료된다.

표 1. 허용 인가 전계값
Table 1. The Values of Applied Field

| Samples | Shape Parameter (m) | Measuring Parameter (Es) | The Values of Applied Field (at 0.1[%]) |
|------------|---------------------|--------------------------|---|
| H80FN-2 | 3,73 | 124 | 19,46[kV/mm] |
| H90FN-2 | 3,47 | 155 | 21,17[kV/mm] |
| H100FN-2 | 3,44 | 159 | 21,34[kV/mm] |
| H100F60-2 | 3,42 | 161 | 21,36[kV/mm] |
| SH100F60-2 | 2,83 | 246 | 21,43[kV/mm] |

III. 결론

설정된 배합비에 의해 제작된 에폭시 복합체에 대한 절연 파괴 실험을 통하여 얻은 데이터를 가지고 와이블 분포 방정식으로 시뮬레이션하여 절연 신뢰도를 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 와이블 분포의 분석을 통하여 기기 절연의 허용 파괴 확률을 0.1[%] 이하로 낮추기 위해서는 허용인가 전계 값이 22[kV/mm] 이하가 되어야 함을 예측할 수 있었다.
2. 경화제 비율이 증가할수록 저온에서는 파괴 강도가 높아지며, 고온에서는 급격히 파괴 강도가 저하하였으며, 또한 충전제를 첨가한 경우 전반적인 파괴 강도는 무충진에 비해 전체적으로 낮게 나타났으며, 실란 처리를 했을 때에는 충전제 만을 첨가한 시료에서 보다 더 높은 파괴 강도를 나타내었다. 따라서 에폭시 복합체를 기기 절연의 재료로 이용하기 위해서는 실란 처리를 통해 계면의 성장을 억제하여 절연성을 높여야 한다.

참고 문헌

- [1] B. Ellis, "The Kinetics of Cure and Network Formation-Chemistry and Technology of Epoxy Resins, Bryan Ellis, Edit.", Blackie Academic & Professional, pp.72-113, 1993
- [2] J. D. Reid, "Dielectric Properties of an Epoxy Resin and its Composite II", J. Appl. Poly. Sci., Vol.33, pp.2293-2303, 1987
- [3] “電氣設備의 診斷技術”, 日本電氣學會編著, pp.39-59, 1985