

파괴시간을 이용한 에폭시 복합체의 절연수명

신철기, 김진사*, 조춘남**, 이동규**, 이성일***, 박건호****, 김충혁**
부천대, 조선이공대*, 광운대**, 충주대***, 청강문화산업대****

An Insulation Life Time of the Epoxy Composites according to Breakdown Time

C.G. Shin, J.S. Kim*, C.N. Cho**, D.K. Lee**, S.I. Lee***, G.H. Park****, C.H. Kim**
Bucheon Coll., Chosun Coll., Kwangwoon Univ.**, Chungkang Coll.****, Chungju Univ.***

Abstract : In the procedure of the estimation, the short time breakdown characteristics for the epoxy composite specimens, which were made with the variation of hardener and/or filler, were tested firstly. Then the long time voltage-to-time test was implemented. Finally, the long time breakdown voltage of each specimen was estimated with the parameters obtained from the statistical treatment with Weibull distribution. Base on the results, it has been found that the optimal weight ratio of epoxy resin/hardener/filler that has the excellent long time breakdown characteristic was 100/100/65. It was due to the silane treatment which relieves the electric field at the interface between filler and epoxy.

Key Words : Measuring parameter, Weibull distribution, Breakdown probability, filler, silane treatment

1. 서론

유기 절연재료는 전력계통을 비롯한 여러 분야에서 절연 재료로서 널리 사용되고 있지만, 일반적으로 시간의 경과에 따라 기기 구성 재료의 변질에 의해 기기의 성능은 떨어지는데 이러한 현상은 통상 품질의 저하를 야기시켜 사고를 유발하므로 안정된 시스템을 구축하기 위해서는 구성 재료의 열적, 기계적, 화학적 및 경년(經年) 열화에 대한 제 현상론의 이해와 열화 진단에 관한 연구가 필수적으로 이루어져야 한다.

고전압 또는 고 전계 기술에 있어서 절연파괴 전압이나 임의의 일정 전압이 인가될 때 수명시간에 관한 데이터는 매우 중요하고 특히 절연 진단 시에 비 절연 파괴와 절연 파괴 사이의 관계를 나타내는 데이터 또한 중요하다. 따라서 본 연구에서는 에폭시 수지에 충전제와 실란처리의 변화를 주어 몇 가지 제작과정을 통하여 제작한 시편에 대해 절연파괴 실험을 행하여 각각의 파괴되는 파괴시간을 토대로 와이블 분포를 각 파라미터를 이용하여 그 파괴시간을 예측해 봄으로써 파괴 데이터의 통계 처리 방법을 제안하였다[1,2].

2. 실험

2.1 시편제작 조건

표 1과 같은 조건으로 에폭시와 충전제 실란처리제를 이용하여 시편을 제작하였다.

표 1. 시료의 조성비 및 경화조건.

시료명	에폭시	경화제	충진제	경화조건
EH80FN	100	80	0	* 혼합 - 80 °C 30 min * 1차 경화 - 100 °C 4 hr * 2차 경화 - 140 °C 8 hr S : 계면처리를 행한 것.
EH90FN	100	90	0	
EH100FN	100	100	0	
EH100F65	100	100	65	
SEH100F65	100	100	65	

위의 표를 토대로 연면방전을 방지하기 위하여 탈기 처리한 실리콘 오일 중에서 교류 6 kV/sec의 전압을 인가하여 절연파괴가 일어나는 시간을 측정하였다. 그리고 측정 회수는 동일 조건하에서 10개의 시편을 취하여 실험하였으며, 절연 파괴 실험용 시편은 직경 4 mm의 스테인레스 강구를 두께 3 mm인 에폭시에 상부 전극으로 매입하여 제작하였고, 전극간의 거리는 200 μ로하여 구-평판 전극계를 구성하였다[5].

이렇게 해서 얻어진 데이터를 가지고 인가 전계에 대한 파괴 확률을 추정하기 위하여 와이블 분포 통계 처리과정을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

각 시편에 대한 파괴수명을 진단하기 위하여 우선적

으로 두께 100 μm의 시편에 일정전압(6 kV)하에서 상온에서의 파괴 시간을 측정하여 그림 3과 같은 결과를 얻었다. 여기에서 각 시편에 대한 파괴시간을 측정해 본 결과 실란처리를 한 SEH100F65 시편에서의 평균 파괴시간이 105분으로 가장 높게 나타났는데 이는 실란처리를 통해 계면으로의 전계의 집중을 어느 정도 막을 수 있기 때문으로 사료된다[3,4].

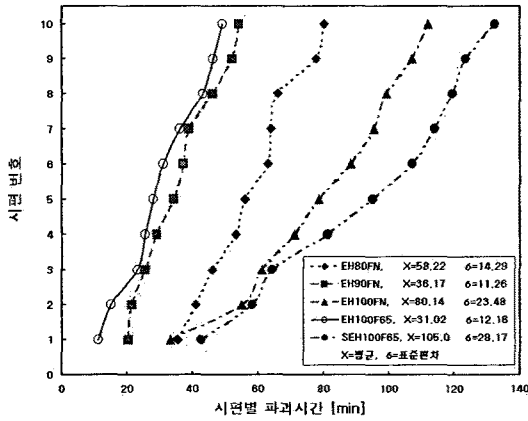


그림 1. 시편의 파괴시간

이를 토대로 파괴시간에 따른 수명을 예측하기 위한 위치, 척도, 형상 파라미터와 누적파괴확률을 구하여 와이블 분포 통계 처리를 행하여 그림2, 그림 3과 같은 결과를 얻었다.

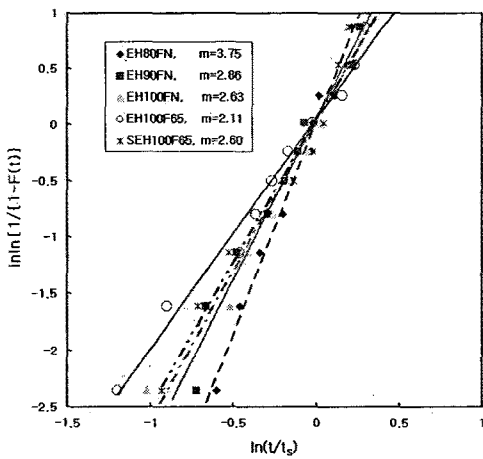


그림 2. 시편의 와이블 플롯

파괴수명 예측을 위한 와이블 분포 통계식은

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_l}{t_s}\right)^m\right]$$

로 나타내는데, 여기에서

- $F(t)$: 누적 확률 분포
- t_l : 위치 파라미터
- t_s : 척도 파라미터
- m : 형상 파라미터 이다.

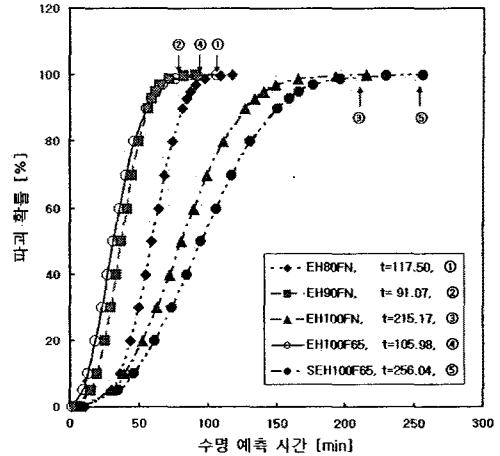


그림 3. 파괴확률에 따른 파괴시간 예측

4. 결론

실험을 통해 얻은 파괴시간을 이용하여 얻을 수 있었던 각 데이터(형상파라미터, 척도파라미터)를 이용하여 각 시편의 파괴 수명을 예측할 수 있었는데, 여기서 실란처리를 하지 않고 충전제만을 첨가한 시편이 예상되는 파괴수명이 가장 짧은 것으로 나타났으며, 실란처리를 한 시편이 파괴 확률에 따른 파괴수명이 가장 길게 나타났다.

따라서, 에폭시 복합체를 기기 절연의 재료로 이용하기 위해서는 실란처리를 통하여 계면의 성장을 억제하여 절연성을 높여야 한다는 것을 확인 할 수 있었다

참고 문헌

- [1] 김탁용, 이덕진, 홍진웅, “흡수 열화에 따른 Epoxy/SiO₂ 복합체의 전기적 특성 및 수명예측”, 한국전기전자재료학회지, 13권, 9호, p. 758, 2000.
- [2] 市田, 鈴木, “信頼性の 分布と統計”, 日科技連, 1990.
- [3] Lee, K.-Y., Lee, K.-W., and Choi, Y.-S., “Improved Thermal, Structural and Electrical Properties of Elastic-Epoxy Blends System”, KIEE International Transactions on Electro physics and Applications, Vol. 4C, Part 5, p. 230, 2004.
- [4] B. Ellis, “Introduction to the Chemistry, Synthesis, Manufacture and Characteristics of Epoxy Resins-Chemistry and Technology of Epoxy Resins, Bryan Ellis, Edit.”, Blackie Academic & Professional, p. 1, 1993.
- [5] T. Imai, Y. Hirano, H. Hirai, S. Kojima, and T. Shimizu, “Preparation and properties of epoxy - organically modified layered silicate nanocomposites”, Proc. IEEE ISEI, p. 379, 2002.