

에폭시복합체의 수명개선에 관한 연구

*김탁용, *이덕진, **신종열, ***신성권, *홍진용, *김재환
 *광운대학교 전기공학과, **의명대학 자동차정비과, ***동해대학교 전기공학과

A Study on the Improvement for the Lifetime of Epoxy Composites

*T. Y. Kim, *D. J. Lee, **J. Y. Shin, ***S. K. Shin, *J. W. Hong, *J. H. Kim
 *Kwangwoon Univ., **Sahmyook college, ***Tonghae Univ.

Abstract - Dielectric strength of insulators made of epoxy composites rapidly decreases due to ageing to interfaces between the matrix resin and filler particles. The adhesion variation of interfaces caused by moisture absorption also alters electrical properties that are the basic characteristics of insulators, particularly, in outdoor use. In this paper, electrical properties of epoxy/SiO₂ composites were investigated at boiling absorption condition to observe that influence of moisture. The breakdown time of samples were measured under AC 6(kV) applied voltage, and the variation of lifetime was varified by using Weibull distribution function.

1. 서 론

산업의 급속한 발전 및 대도시의 과밀화로 인하여 장거리 송전선로를 건설해야 했으며, 이에 따라 초고압송전 및 전력계통의 대용량화를 초래하였다. 또한 전기·전자기기의 소형화, 경량화로 인하여 절연설계의 신뢰성 및 기술상의 요구가 가중되어지고 있다. 이에 따라 현재 사용중이 절연재보다 우수한 새로운 복합재료 개발에 대한 연구가 수행되었으며, 또한 가속화되는 환경으로 인한 복합열화 개선에 관한 연구도 진행중에 있다^{1,2)}. 그중 기계적 특성이 우수하며, 작업성이 좋고, 다른 물질과의 상용성 및 조화성이 우수한 에폭시 수지를 광범위하게 사용하고 있다. 그러나 옥외용 전력설비의 경우 환경에 직접 노출되는 빈도가 높아지게 되고, 이 경우 필수적으로 첨가되는 충전제와 에폭시 수지간의 계면에 수분이 흡착하여 계면의 접착기구가 변화하게 되며, 이로 인한 절연수명이 급격히 떨어진다는 문제점이 대두되었다. 이에 본 논문에서는 고분자 강인화 방법중의 하나인 상호침입망목기법을 도입하여 모체수지의 망목구조를 고차시킵에 따른 충전제와 모체수지간의 접착당도를 강화시켜 그 특성을 파악하였으며, 또한 와이블분포함수³⁻⁶⁾를 사용하여 각 시료의 수명을 측정하였다.

2. 실 험

2.1 시편제작

본 실험에서는 비스페놀 A형 에폭시 수지만을 사용한 단일망목구조 시편과, 에폭시 수지와 MA수지를 모체수지로 하는 상호침입망목구조시편을 제작했다. 또한 충전제를 각각 100(phr)의 함량으로 첨가하였다.

표 2-1은 시편의 조성비를 나타낸다.

표 2-1. 시료의 조성비

단위 : {phr}

Sample		E-100	EM-100
Matrix resin	YD-128	100	
	YD-128+MA	-	100
Filler	SiO ₂	100	100

2.2 실험방법

2.2.1 자비흡수 및 교류절연파괴

45×45×3(mm)의 시편을 제작하여 샌드페이퍼로 표면을 연마하고, 50(℃)의 진공오븐에서 24시간 건조시킨 후 2시간 자비흡수시킨 후 진공온실에서 24시간 동안 탈수시켰다.

절연파괴강도는 고전압발생기를 사용하여 측정하였으며, 사용주파수 60(Hz), 승압속도 1(kV/s)로 절연파괴가 일어날 때까지 승압하였다.

2.2.2 수명예측

파괴수명 진단을 위해 전극간 거리 100(μm)의 구-평판 전극계 시료에 일정전압(6(kV))하에서 절연파괴가 일어날 때까지의 시간을 측정한 후 2-파라메타 와이블함수를 이용하여 통계처리하였다.

3. 결 과

3.1 교류절연파괴강도의 자비흡수시간 의존성

그림 3-1은 상온(23℃)에서 자비흡수시간에 따른 각 시료의 교류전압 절연파괴강도 시험 결과이다. 64시간

자비 흡수 후 E-100시편의 경우 파괴강도가 83.7[%]로 감소하였으나, EM-100시편의 경우 73.3[%]로 E계열 시편보다 우수한 성질을 나타내었다.

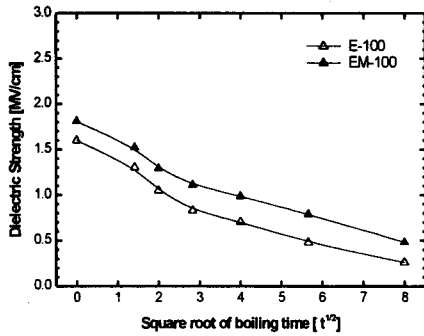


그림 3-1. 교류절연파괴강도의 자비흡수시간 의존성(23(℃))

Fig 3-1. Boiling time dependence of AC dielectric strength(23(℃))

3.2 자비흡수시간에 따른 와이블분포

그림 3-2와 3-3은 E계열시편의 절연파괴시간에 대한 누적파괴확률을 플로팅한 그래프이며, 그림 3-4와 3-5는 EM계열 시편을 플로팅 결과이다. 이때 누적파괴확률이 63.2[%]에 해당하는 시간이 척도파라미터(t_2)의 값을 구할 수 있다.

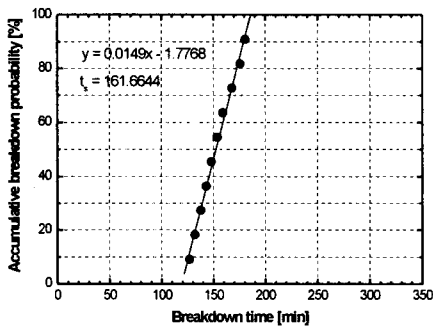


그림 3-2. 절연파괴시간에 대한 누적파괴확률의 플롯(E-100-0h)

Fig. 3-2. Plot of $F(t)$ for breakdown time(E-100-0h)

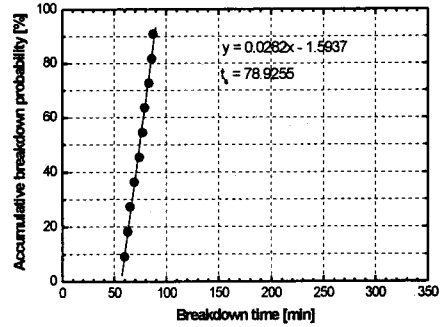


그림 3-3. 절연파괴시간에 대한 누적파괴확률의 플롯(E-100-2h)

Fig.3-3. Plot of $F(t)$ for breakdown time(E-100-2h)

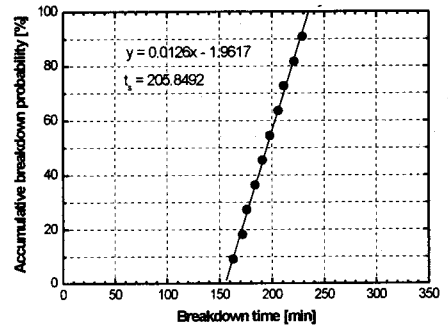


그림 3-4. 절연파괴시간에 대한 누적파괴확률의 플롯(EM-100-0h)

Fig. 3-4. Plot of $F(t)$ for breakdown time(EM-100-0h)

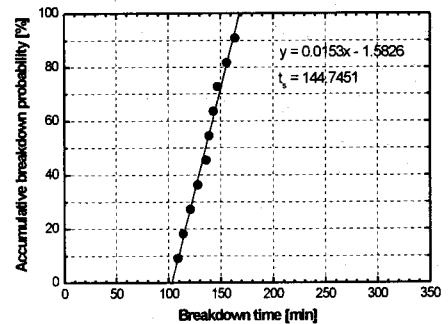


그림 3-5. 절연파괴시간에 대한 누적파괴확률의 플롯(EM-100-2h)

Fig. 3-5. Plot of $F(t)$ for breakdown time(EM-100-2h)

3.3 자비흡수시간에 따른 수명예측

그림 3-6 및 3-7은 E계열 시편과 EM계열 시편이 파괴확률 0.1~99.99[%]를 가질 때의 전압 인가시간을 예측한 결과이며, 절연파괴확률이 99.99[%]에 이를 때의 예측 수명을 표 3-1에서 나타내었다. 그림에서 보면 E계열 시편의 경우 비등흡수에 의해 수명저하율이 급격히 저하함을 볼 수 있는데, 이는 EM계열 시편의 고차화된 망목구조로 인하여 충전제-모체수지간 계면의 접착강도가 강화되어 수분의 진입을 방해한 결과로 볼 수 있다.

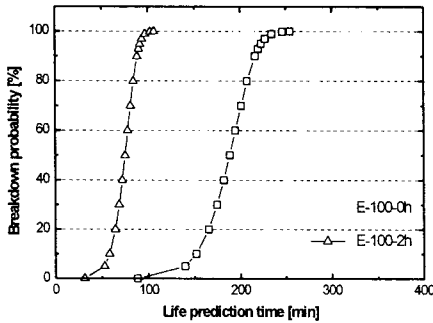


그림 3-6. E계열 시료의 예측수명

Fig. 3-6. Predicted lifetime of E series samples

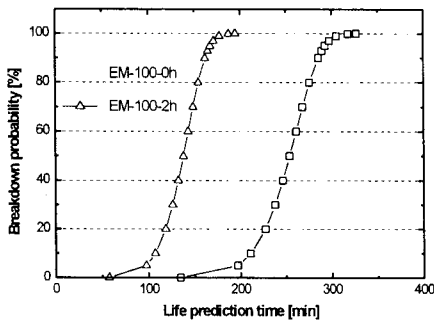


그림 3-7. EM계열 시료의 예측수명

Fig. 3-7. Predicted lifetime of EM series samples

표 3-1. 시료의 예측 수명

Table. 3-1. Predicted life-time of samples

Sample	E-100-0h	E-100-2h	EM-100-0h	EM-100-2h
수명 [min]	212.13	106.51	264.73	194.95

[참 고 문 헌]

(1) T. W. Dakin, "High Voltage Insulation Applications".

IEEE Trans. of Electr. Insul., Vol.EI-13, No.4, pp.318-326, 1978.

(2) E. W. Garnish, "Chemistry and Properties of Epoxide Resins", Composites, pp.104-111, 1972.

(3) Y. S. Kwag, "Impacts on the Deteriorative Breakdown Characteristics by the Void of Polyethylene", Trans. KIEE, Vol.26, No.3, 269-272, 1977.

(4) "電氣設備の診断技術", 日本電氣學會 編著, pp.39-59, 1985.

(5) Y. S. Kwag, "A Study on the AC Breakdown Characteristics of Cross-Linked Polyethylene Dielectrics Subjected to the Impulse Fatigue", Trans. KIEE, Vol.29, No.9, 577-583, 1980.

(6) T. Y. Kim, "Electrical Properties and Lifetime Prediction of Epoxy/SiO₂ Composites" Journal of KIEEME, Vol.13, No.9, 758-763, 2000.