

## 에폭시 복합체의 실리콘유중 연면파괴에 관한 연구 A Study on The Surface Breakdown of Epoxy Composite in Silicon Oil

장인범\*, 정인재\*, 정일형\*, 유재웅\*, 오재한\*\*\*, 김종현\*\*, 이준웅\*

\*광운대학교 전기공학과

\*광운대학교 전파공학과

\*\*\*성화전문대학교 전기과

In-Bum Jang\*, In-Jae Jung\*, Il-hyung Jung\*, Jea-Ung Yu\*, Jea-Han O\*\*\*, Jong-Heon Kim\*\*, Jun-Ung Lee\*

\* Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University

\*\* Dept. of Microwave Eng., Kwangwoon University

\*\*\* Dept. of Electrics, Sunghwa Junior college.

### Abstract

In this paper, we study on the surface breakdown of Epoxy composite in silicon oil. Breakdown field strengths were simulated by using FEM with the experience data of surface breakdown of Epoxy composite. The surface endurance and field distribution [kV/mm] of Epoxy composite were calculated by FEM.

### I. 서론

본 논문은 에폭시복합체의 유중 연면파괴현상을 연구한 것으로 유중에서의 에폭시복합체의 연면파괴실험을 통하여 파괴전계값을 유한요소법으로 계산하여 단위길이당 에폭시복합체의 연면내력 및 연면전계분포를 시뮬레이션 한 것이다. 특히 두가지 이상의 절연재료와 전극이 만나는 삼중점 전계에 의한 절연파괴의 영향을 분석하기 위하여 삼중점 및 삼중점 주변의 전계분포를 세밀히 계산하였다.

### II. 파괴시편제작 및 실험

파괴실험에 사용된 시편은 에폭시와 경화제의 비를 1:1로 하여 그림 1과

같이 구대평판형태의 원형으로 제작하였다.

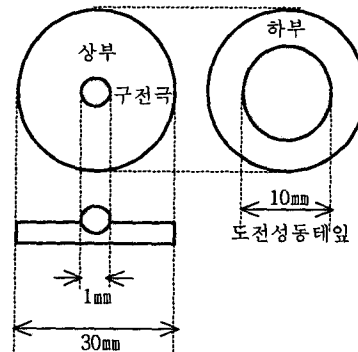


그림 1 시편의 형상

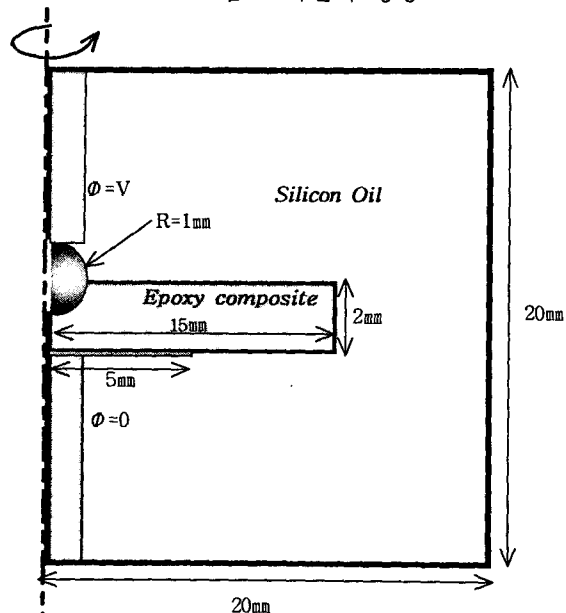


그림 2 연면파괴 실험도

연면파괴실험도는 그림 2와 같으며 실리콘유중에서 AC전압을 1[kV/s]로 승압하면서 연면파괴실험을 한 결과는 그림 3과 같으며 이때의 평균파괴전계는 13.5 [kV/mm]이다.

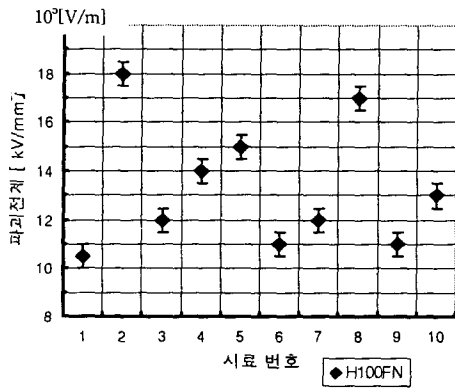


그림 3 시편의 연면파괴전계

### III 시뮬레이션

해석영역은 그림 2와 같고 구전극, 에폭시복합체 및 실리콘유가 만나는 삼중점부근의 요소를 그림 4와 같이 세밀하게 분할하였다.

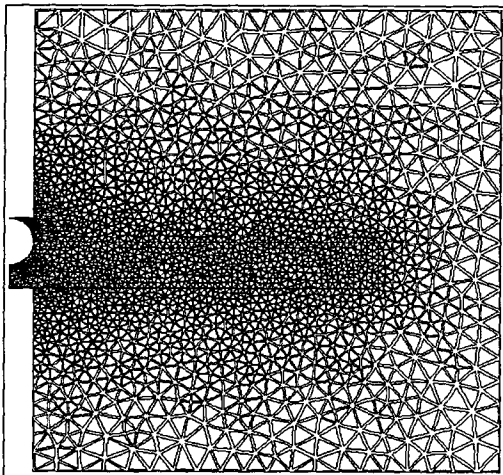


그림 4. 요소분할도

본 시편의 구조는 축대칭구조이므로 원통좌표로 표현하여 2D로 3D와 동일

하게 정확한 결과를 얻도록 하였으며 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

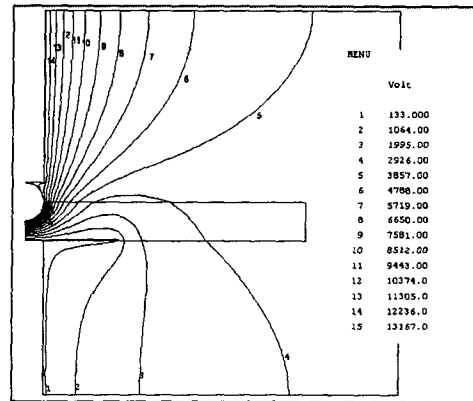


그림 5. 연면파괴전압 인가시 등전위 선 분포

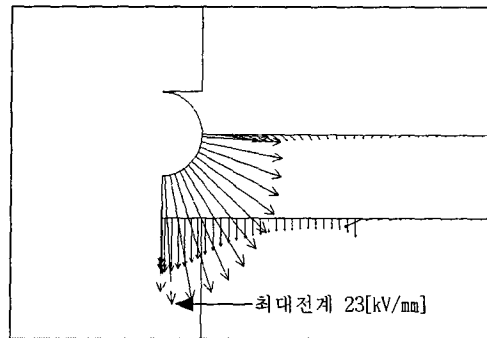


그림 6 연면파괴순간 실리콘유 경계면의 전계분포

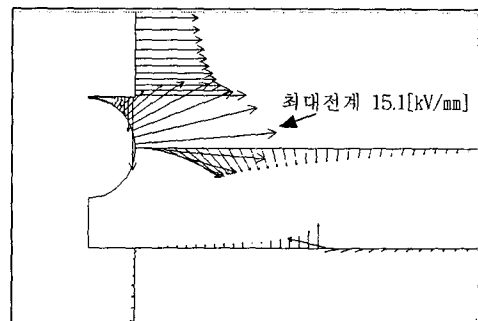


그림 7 연면파괴순간 에폭시 경계면의 전계분포

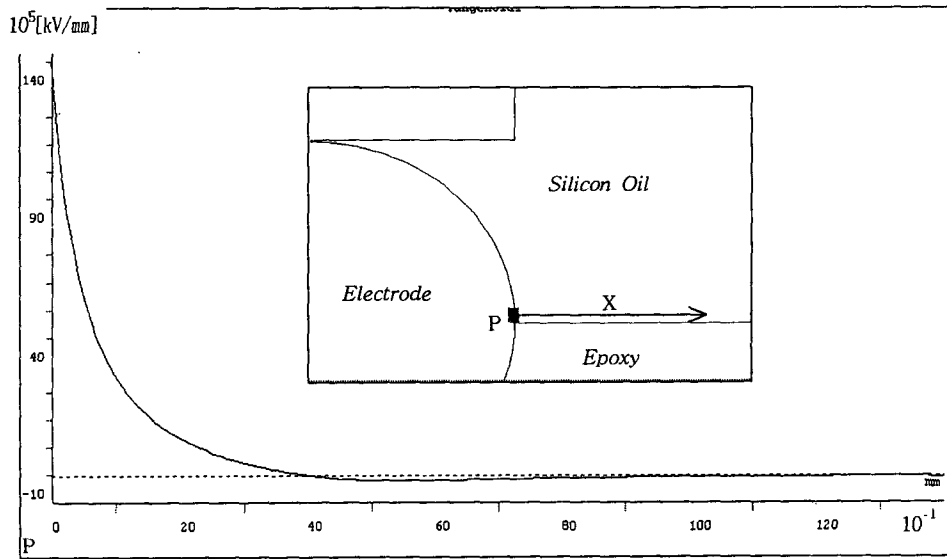


그림 8 삼중점 P로부터 X 방향으로의 에폭시 연면전계분포

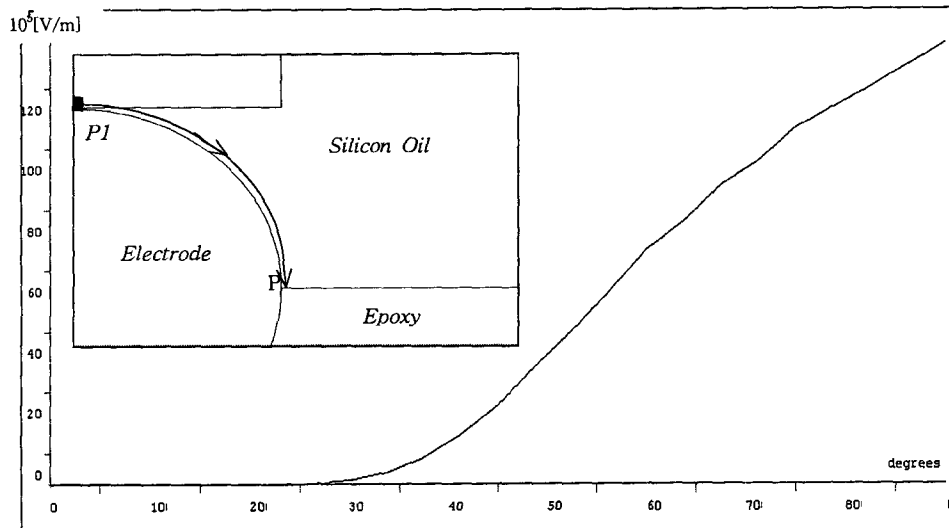


그림 9 구전극의 P1점으로부터 삼중점 P 방향의 전계 분포

본 실험에서 사용한 에폭시시편의 순간파괴전계는 상온에서 105.5[kV/mm]이고 실리콘유 순간파괴전계는 6[kV/mm]인데 실리콘유층 연면파괴시 에폭시 시편내부의 전계분포는 그림 6과 같으며 그때 최고전계는 23[kV/mm]이므로 시편이 절연파괴 되기전에 먼저 연면파괴현상이 발생함을 알 수 있다.

또한 연면파괴전압이 13.5[kV]일 때 실리콘유의 경계면에서 전계분포는

그림 7과 같으며 그림 8과 그림 9의 결과로부터 삼중점의 전계가 15.1[kV/mm]로 가장 높은 값을 나타내고 있는데 이는 실제 파괴경로방향과 잘 일치하였다.

따라서 연면파괴는 삼중점으로부터 시작되어 하부전극까지 최단거리로 진전이 되는데 본 논문에서 제작된 에폭시 복합체의 평균연면파괴전계는 15.1[kV/mm]로 계산되었다.

#### IV. 결 론

에폭시복합체의 실리콘유층 연면 파괴실험을 하여 유한요소법으로 전계분포를 시뮬레이션해 본 결과

1. H100FN시편의 평균연면파괴전계가 15.1[kV/mm]임을 알 수 있었다.
2. 최대전계는 구전극, 에폭시 및 실리콘유가 만나는 삼중점에서 나타났으며 연면파괴는 삼중점에서부터 개시되었다고 사료된다.
3. 실제 파괴경로는 전계분포 시뮬레이션결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.
4. 이상의 결과를 응용하면 고전압절연기기의 연면파괴로 인한 사고에 대처할 수 있으며 신뢰도가 높은 절연기기의 설계에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고 문헌

1. K. Takuma and T. Kawamoto "Field Behavior near a Contact Point of Solid Dielectrics with Electrode" 日本電力中央研究所發行
2. 誘電體現象論 p257~259 日本電氣學會編著
3. 電氣設備 診斷技術 日本電氣學會 31~34
4. 高電壓大電流工學 韓國學術振興財團翻譯書 42~44
5. 유한요소법에 의한 전기기기의 전자장 해석 및 설계, 기초전력공학공동연구소, pp 6~9
6. H. Steinbiber and D. Haller, "Comparative Analysis of Methods for Computing 2-D and 3-D Electric Fields",

IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. 26, No. 3, pp.529~536, (1991)

7. Tadasu. Takuma, "Field Behavior at Triple Junction in Composite Dielectric Arrangements", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. 26, No. 3, pp.500-509, (1991)
8. T. Takuma and T. Kawamoto, "Electrical Field at various Points of Contact Between Rounded Dielectric and Electrode", Fifth International Symposium on HV Engineering, paper 33. 09, (1987)