

모의 GIS 내부에 파티클 유입시 코팅전극의 절연파괴 특성

구교선\*, 이동준\*, 곽희로\*, 김영찬\*\*, 박종신\*\*\*, 박하웅\*\*\*\*  
 송실대\* . 기술표준원\*\* . 동해대\*\*\* . 삼척대\*\*\*\*

The Characteristic of breakdown Particle Contaminated Model GIS with Epoxy Coated Electrodes

K.S. Koo\* . D.Z. Lee\* . H.R. Kwak\* . Y.C. Kim\*\* . J.S. Park\*\*\* . H.Y. Kim\*\*\*\*  
 Soongsil University\* . A.T.S\* . Donghae University\*\*\* . Samchok University\*\*\*\*

**Abstract** - One of the most frequent sources of the accident is metal contaminant in GIS. This paper deals with the characteristics of breakdown voltage of metallic particles using electrodes of various epoxy coating thickness.

As experimental results, breakdown voltage of the thickly coated electrode is higher than that of thinly coated electrode. It is considered that resistance of the epoxy coating impedes the development of pre-discharges in the gas.

1. 서 론

산업사회의 발달 및 도시기능의 고도화 등으로 전송전압이 격상되고 있는 추세이며, 전력설비의 대용량·고전압화는 물론 소형화 옥내화가 불가피하다. 그러므로 신뢰성 있고, 높은 유용성을 가진 GIS의 수요가 증대되고 있다. (1) 그렇지만, GIS에는 도체의 거칠음, 금속파티클, 스페이스의 보이드 등의 여러 가지 결함이 존재할 수 있다. 이들중 제작시 또는 기계적인 진동 등에 의해 생기는 GIS내의 파티클은 GIS 결합중 거의 대부분을 차지한다. 금속 파티클은 충전량Q와 전계의 영향을 받아 부상하고, 부상으로 인하여 국부적으로 전계를 왜곡, 집중시켜 절연절계치 이하에서 사고를 유발시킬 수 있다. (2). (3)

그러나 GIS는 밀폐형으로 되어있기 때문에 파티클 혼입에 의한 절연사고를 사전에 대처하기에 어려운 실정이다. 따라서, GIS내에 파티클에 의한 사고를 미연에 방지하기 위해 GIS 외함 내부를 여러 가지 절연재료로 코팅 처리하여 절연능력을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 그러나, 절연코팅 된 GIS내에 파티클 혼입시, 절연파괴의 특성에 대한 연구가 아직 미흡한 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 모의 GIS 챔버 내 파티클을 혼입시켰을 때, 에폭시 코팅 두께에 따른 절연파괴전압의 특성을 다각도로 비교·분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 실험방법

실험에 사용된 모의 GIS 챔버는 가로 310[mm], 세로 300[mm], 높이 250[mm]이고, 전극은 로고스키 전극형태로 제작하여 전계의 왜곡을 최소화하였으며, 간격은 10[mm]로 하였다.

그림 1은 실험에 사용된 장비의 개략도를 나타낸 것이다.

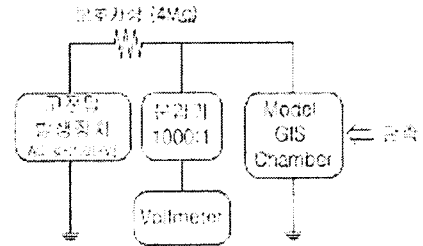


그림 1 장치 개략도

그림에서 회로의 보호를 위하여 4MΩ의 보호저항을 직렬로 삽입하였으며, 1000:1 분압기를 사용하여 절연파괴 전압을 측정하였다. 또한, spin coater (Chemat Tec.:KW-4A)와 코팅두께 측정기 (KETT Electric Lab.:LC-300C)를 이용하여 하부전극의 에폭시 코팅의 두께를 0[μm] (un-coating), 9 ± 2[μm], 30 ± 2[μm], 60 ± 3[μm]로 변화를 주어 절연파괴 전압을 측정하였다. 또한 SF<sub>6</sub>가스의 압력은 0.10[MPa]에서 0.25 [MPa]까지 0.05[MPa] 씩 변화를 주어 코팅된 전극에서의 절연파괴 전압을 측정하였다.

본 실험에서는 모의 GIS 챔버내 준평등 전계를 형성하고, 고전압 발생장치 (HAEFELY)를 이용하여 60Hz AC전압을 2~3 [kV/sec] 비율로 인가하였다. 이때, 에폭시 코팅두께의 변화, SF<sub>6</sub>가스의 압력의 변화 시 파티클에 의한 절연파괴특성을 관찰하였고, 이 결과를 코팅을 하지 않은 일반전극에서의 결과와 비교 분석하였다.

2.2 실험결과 및 고찰

모의 GIS 챔버내의 전극간격 10[mm]에서 직경 0.3[mm], 길이 5[mm]의 구리 파티클을 혼입하였을 때, SF<sub>6</sub> 가스압력을 0.1[MPa]에서 0.25[MPa]까지 0.05[MPa]씩 변화를 주고, 코팅전극의 두께를 각각 0[μm] (un-coating), 9 ± 2[μm], 30 ± 2[μm], 60 ± 3[μm]로 하였을 때의 절연파괴전압을 측정하였다.

그림 2는 모의 GIS 챔버내 0.10[MPa]에서 에폭시 코팅의 두께에 따른 파티클에 의한 절연파괴전압을 나타낸 것이다.

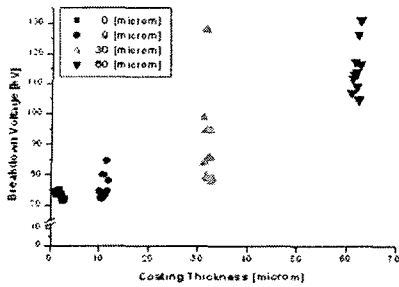


그림2. 0.10(MPa)일때, 두께별 절연파괴전압

그림2에서 보는 바와 같이, 코팅두께가 0( $\mu\text{m}$ ) (un-coating) 에서의 절연파괴전압은 71.3~75.0[kV], 평균치는 73.3[kV]로 나타났으며, 코팅두께가 9( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 71.9~84.4 [kV], 평균치는 75.4[kV]로 나타났으며, 코팅이 되지 않은 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 절연파괴전압이 약 2[%] 증가하였다.

코팅두께가 30( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 77.7~127.0 [kV], 평균치는 90.1 [kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 23[%] 증가하였다.

코팅두께가 60( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 104.9~130.9 [kV], 평균치는 115.2 [kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 57[%] 증가하였다.

그림 3은 모의 GIS 챔버내 0.15(MPa)에서 에폭시 코팅의 두께에 따른 파티클에 의한 절연파괴전압을 나타낸 것이다.

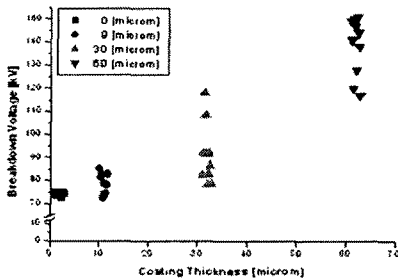


그림3. 0.15(MPa)일때, 두께별 절연파괴전압

그림3에서 보는 바와 같이, 코팅두께가 0( $\mu\text{m}$ ) (un-coating) 에서의 절연파괴전압은 72.8~75.2[kV], 평균치는 74.4[kV]로 나타났으며, 코팅두께가 9( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 72.6~85.0 [kV], 평균치는 79.2 [kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 절연파괴전압이 약 7[%] 증가하였다.

코팅두께가 30( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 78.5~118.1 [kV], 평균치는 91.2[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 23[%] 증가하였다.

코팅두께가 60( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 117~151 [kV], 평균치는 138.5[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 86[%] 증가하였다.

그림 4는 모의 GIS 챔버내 0.20(MPa)에서 에폭시 코팅의 두께에 따른 파티클에 의한 절연파괴전압을 나타

낸 것이다.

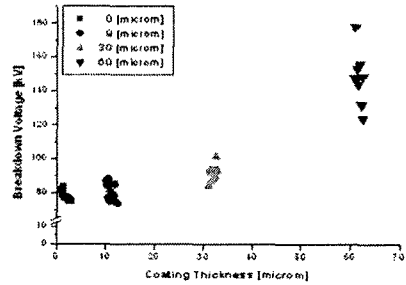


그림4. 0.20(MPa)일때, 두께별 절연파괴전압

그림4에서 보는 바와 같이, 코팅두께가 0( $\mu\text{m}$ ) (un-coating) 에서의 절연파괴전압은 74.7~83.1 [kV], 평균치는 77.7[kV]로 나타났으며, 코팅두께가 9( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 73.3~88.0 [kV], 평균치는 79.7[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 절연파괴전압이 약 3[%] 증가하였다.

코팅두께가 30( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 84.4~101.5 [kV], 평균치는 90.8[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 17[%] 증가하였다.

코팅두께가 60( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 124~156 [kV], 평균치는 148.5[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 91[%] 증가하였다.

그림 5는 모의 GIS 챔버내 0.25(MPa)에서 에폭시 코팅의 두께에 따른 파티클에 의한 절연파괴전압을 나타낸 것이다.

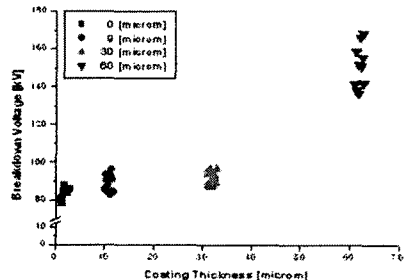


그림5. 0.25(MPa)일때, 두께별 절연파괴전압

그림4에서 보는 바와 같이, 코팅두께가 0( $\mu\text{m}$ ) (un-coating) 에서의 절연파괴전압은 78.4~87.6 [kV], 평균치는 83.7[kV]로 나타났으며, 코팅두께가 9( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 82.6~96.1[kV], 평균치는 88.8[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 절연파괴전압이 약 6[%] 증가하였다.

코팅두께가 30( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 86.9~96.7 [kV], 평균치는 91.6[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 9[%] 증가하였다.

코팅두께가 60( $\mu\text{m}$ )에서의 절연파괴전압은 136.8~168.5 [kV], 평균치는 151.2[kV]로 나타났으며, 일반전극과의 평균치를 비교해 볼 때, 약 80[%] 증가하였다.

그림 6은 압력, 코팅두께별 절연파괴전압의 평균치를 나타내었다.

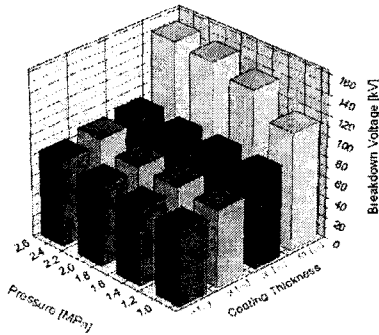


그림6. 코팅두께별 절연파괴전압의 평균치

그림6에서 보는 바와 같이, 코팅두께가 9[ $\mu\text{m}$ ], 30[ $\mu\text{m}$ ], 60[ $\mu\text{m}$ ]으로 증가했을 때는 코팅전극에서의 절연파괴 전압은 2[%]~91[%] 증가하였다.

이는 파티클의 부상에 의하여 전계집중이 일어나게 되고, 이로 인하여 절연파괴를 유발하는데, 코팅의 두께가 두꺼워질수록 파티클이 부상하기에 충분한 전하량의 충전 방해를, 부상이 보다 더 높은 전압에서 발생하고, 이로 인하여, 코팅의 두께가 두꺼워질수록 절연파괴 전압의 상승을 가져온 것이라 생각된다.

또한, 일반전극에서는 절연파괴전압의 편차가 작고, 거의 일정한 값이 나오는 반면, 코팅전극에서는 편차가 크게 나타났다.

### 3. 결론

모의 GIS 챔버내의 구리 파티클을 혼입 시, 전극의 코팅두께 변화에 따른 절연파괴전압을 측정하였을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 코팅두께를 9[ $\mu\text{m}$ ], 30[ $\mu\text{m}$ ], 60[ $\mu\text{m}$ ]로 증가시켰을 때, 절연파괴전압이 2~ 91[%] 상승하였다.
2.  $\text{SF}_6$ 가스압력을 0.10~0.25(MPa)로 상승시켰을 때, 절연파괴전압이 1~20[%] 상승하였다.
3. 압력별, 코팅두께별 절연파괴 전압의 향상을 비교해 볼 때, 압력의 상승으로 인한 절연내력의 상승보다 코팅두께의 증가로 인한 절연내력의 상승이 더 효과적인 것으로 나타났다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Okubo, H.; Kato, T.; Hayakawa, N.; Hikita, "Temporal development of partial discharge and its application to breakdown prediction in  $\text{SF}_6$  gas", M. Power Delivery, IEEE Transactions on, Volume: 13 Issue: 2, Page(s): 440-445, April 1998
- [2] Morcos, M.M.; Zhang, S.; Holmberg, M.; Srivastava, K.D. "On the use of dielectric coatings in particle-contaminated gas insulated switchgear", Solid Dielectrics, 2001. ICSD '01. Proceedings of the 2001 IEEE 7th International Conference on, Page(s): 54-57, 2001

- [3] Morcos, M.M.; Zhang, S.; Gubanski, S.M.; Srivastava, K.D. "Performance of particle Contaminated GIS with dielectric coated electrodes", Industry Applications Conference, 2000. Conference Record of the 2000 IEEE, Volume: 2, Page(s): 725-731, Feb. 2000.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음.