

송전용 자기애자(36,000LBS)의 오손 등급별 환경변화에 따른 누설전류 분석 및 비교 연구

최인혁*, 최장현*, 정윤환*, 이동일*, 정길조*, 신태우**, 방항권**
 한전 전력연구원*, 한국전력공사**

A Study on the Comparison and Analysis of Leakage Current according to Environmental Variation of EHV insulators(36,000LBS) by Pollution Level

I. H. Choi*, J. H. Choi*, Y. H. Jung*, D. I. Lee*, G. J. Jung*, T. W. Shin**, H. K. Bang**
 KEPRI*, KEPCO**

Abstract - This paper researched leakage current characteristics of EHV insulators(36,000lbs) to artificially contaminated clay and kaolin through construction of long-periods testing facility. Insulators were contaminated and classified into the ESDD level(B, C and D) under IEC Pub. 60507 standards method. As a result of tests, leakage current of the heavily contaminated D level to clay was approximately 2,260 [μA], which is contaminated to kaolin was approximately 3,200 [μA], during initial rainfall. However after raining, leakage current of naturally washed contamination insulators was lower at approximately 300 [μA]. As regular temperature 20℃, leakage current increased greatly in case humidity density was over 72%. But, leakage current was not influenced by temperature variation in case of regular 88% humidity.

랑, 습도, 등의 환경변화가 누설전류 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 비교 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 인공오손 실험 절차

애자에 대한 인공오손 실험방법은 적용 범위 등을 고려해야하기 때문에 오손방법을 선택함에 있어서 지역, 환경, 용도 등에 적합한 실험방법을 선택하는 것이 필요하다[3]. 그래서 본 연구에서는 국제전기기술위원회(IEC)에서 제안하였고, 세계적으로 가장 많이 사용되는 방법인 ESDD 측정법을 이용하였다. 먼저 인공오손을 위하여 고창군 상하면에서 채취된 황토 흙을 수돗물로 세척하여 여과기(sieve) #18(1 mm)을 사용하여 미세한 황토만을 걸러 80℃의 챔버에서 5일 정도 건조하여 순수한 황토를 만들었다. 그리고 지하수에 준비된 순수한 황토, 카올린(일본, Junsei Chemical Co., Ltd.) 등의 비용해성 물질과 식염을 넣은 오손물을 만들고 시료 애자(36,000lbs)를 함침하여, 염분과 비용해성 물질이 애자에 부착되도록 한 다음, 실험용 변압기로 154kV 송전전압을 인가하여 주변 환경요인에 따라 시료 애자에 흐르는 누설전류 값을 10초당 1회의 샘플링 주기로 이더넷(ethernet)을 통한 누설전류 측정시스템을 이용하여 측정하였으며, 습도 및 온도는 HMP45A model(Finland, VAISALA Ltd.)로 DTR503A를 이용하여 이더넷으로 데이터를 취득했으며 장우량은 기상청의 일일 장우량을 참고하였다.

1. 서 론

애자는 송전선과 철타과의 절연, 작업자의 안전, 송전 신뢰성 등을 결정하는 가장 중요한 역할을 담당하고 있으며 그 종류는 자기애자, 유리애자 및 폴리머애자가 사용되고 있다. 특히 자기애자는 재질의 특성에 의한 경년에 따른 변화는 거의 없지만 금구류 및 시멘트의 특성이 경년에 따라 감소와 애자의 표면에 부착된 염분 및 분진 등의 오손물에 의한 금구가 부식되는 경우가 있다. 그래서 IEEE, CIGRE 등 외국의 연구단체에서는 열화에 의한 고장을 모의하기 애자를 인공오손 하여 주수설비가 설치된 옥내시험장을 통해 내전압 특성에 관한 연구와 옥외장기실증시험장을 통해서도 실시되고 있다[1]. 특히 사고를 예방 할 수 있는 경고전류(warning current)는 전력 시스템의 안전도 향상을 중요하며 누설전류, 등가염분부착밀도(ESDD, Equivalent Salt Deposit Density), 오염과피전압(pollution flashover voltage) 등의 상관관계에 관하여 연구가 진행되고 있다[2]. 이와 같이 장기실증 시험장을 이용 인공 오손된 애자의 누설전류를 특성을 분석하여 경고전류를 예측하는 것은 중요하며, 옥외시험장의 특성상 환경변화에 대한 기초적인 실험 데이터 분석이 취득되어 있어야 한다.

2.2 인공오손

36,000lbs 송전용 애자를 인공오손하기 위해 황토와 카올린 각각 800g에 지하수 20l를 사용하였다. 오손등급을 B, C, 그리고 D등급으로 오손시키기 위해, 식염량을 각각 500g, 1,000g, 2,000g씩 사용하여 오손용액을 만들었다.

표 1. 인공오손된 애자의 오손등급
 Table 1. Contamination levels of artificially contaminated insulators

비용해성 물질 (800 g)	물의 량 (l)	식염량 (g)	전도도 (μS/cm)	ESDD (mg/cm ²)	오손 등급
황토	20	500	670	0.080	B
카올린	20	500	530	0.063	B
황토	20	1,000	1,117	0.133	C
카올린	20	1,000	1,259	0.150	C
황토	20	2,000	2,250	0.267	D
카올린	20	2,000	2,110	0.251	D

따라서 본 연구에서는 국제전기기술위원회(IEC)에서 제안하였고, 세계적으로 가장 많이 사용되는 방법인 ESDD 측정법을 이용하여, 물에 kaolin과 황토 등 비용해성 물질과 식염을 넣은 오손물을 만들어 154 kV 송전용 애자(36,000lbs)를 함침한 후 건조한 다음 전기 전도도를 측정하여 오손등급 B, C D로 분류하여 구축된 옥외장기실증시험장에 실험용 변압기를 이용하여 실제선로와 동일한 방법으로 오손등급별로 애자를 설치하여 장우

인공 오손용액에 애자를 함침하면서, 오손물의 염분 균일성을 유지하기 위하여 오손용액을 저어 주면서, 함침시간이 30초를 지나면 애자를 오손용액에서 건져, 애자의 캡과 핀을 지면과 수직하게 하여, 오손물이 애자의 표면에 균일하게 부착되도록 하고, 음지에 놓인 건조대에 걸쳐 수분이 증발되도록 건조시킨다. 표 1은 면으로 황토와 카올린으로 오손시킨 자기애자의 하면을 세정한 후, 애자 면에 붙은 비용해성 물질인 황토와 카올린에 있는 염분을 세정용 용액(정류수)에 녹여 측정된 전도도를 측정하여 ESDD를 계산하였다. 그리고 계산된 ESDD 값을 이용하여 오손등급별로 시료를 나누었다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 누설전류 특성 분석

B, C, D 등급에 각각 오염시킨 36,000lbs 자기 애자를 실선로와 동일하게 1련에 13개씩 실험선로에 취부하여 154 kV 교류 송전전압을 인가하여 누설전류를 측정하였다.

3.1.1 B등급으로 오손된 애자의 누설전류

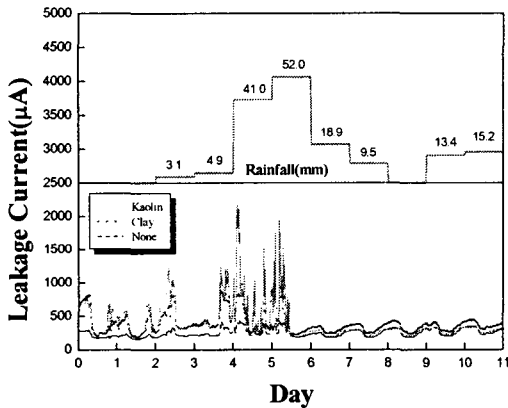


그림 1. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 B)
Fig. 1. Leakage current of insulators according to rainfall(contamination level B)

B등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화는 그림 1과 같다. 누설전류는 11일 동안 측정하였으며, 누설전류를 강우량과 함께 비교하였다. 1일째는 비가 오지 않았지만 야간의 누설전류 최고값은 황토와 카올린은 각각 800 [µA]과 780 [µA]로 황토가 약간 높게 나타났다. 그러나 3일째 3.1 mm, 4일째는 4.9 mm의 적은 강우량을 보였을 때는 누설전류 최고값은 황토와 카올린이 각각 830 [µA]과 1,200 [µA]로 카올린이 강우에 대한 누설전류가 더 높게 나타났다. 또한 최초 폭우(44 mm)가 내린 5일째 비오손 애자, 황토, 카올린 등의 누설전류 최고값은 각각 400 [µA], 990 [µA], 2,260 [µA]로 카올린으로 오염된 애자가 더 큰 누설전류 값을 나타냈다. 그리고 애자를 설치하고 5일째와 6일째의 강우량이 각각 41 mm와 51 mm로써 매우 많은 량의 비가 내린 이후에는 비오손 애자와 오손애자의 누설전류 차이가 크지 않았다. 이것은 오손된 애자에 부착된 염분이 5일과 6일째 많은 강우량으로 자연세정으로 감소되었기 때문으로 판단된다.

3.1.2 C등급으로 오손된 애자의 누설전류

그림 2는 C등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화를

나타낸 것으로 누설전류 값은 6일 동안 측정하였다. 측정 1일째 누설전류 최고값은 황토와 카올린은 각각 316 [µA], 440 [µA]로 나타났다. 이 기간동안에 비는 거의 오지 않고 마지막 6일째 0.1mm의 비가 왔을 때 비오손 애자, 황토, 카올린의 누설전류 최고값은 각각 380 [µA], 750 [µA], 980 [µA]로 나타났다. 이는 비가 왔을 때 오손등급 C로 인공 오손된 애자의 누설전류 값은 B등급으로 오손된 애자의 누설전류와 비슷한 경향을 나타냈다. 그러나 황토로 오손된 애자의 경우, 야간의 습도에 대한 누설전류 값의 증가는 비오손 애자와 비슷하게 변화 없이 330 [µA]의 누설전류를 나타냈다.

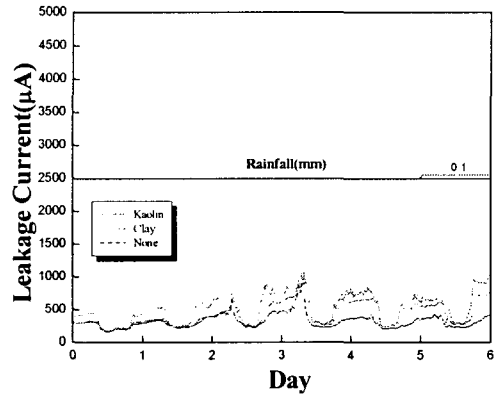


그림 2. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 C)
Fig. 2. Leakage current of insulators according to rainfall(contamination level C)

3.1.3 D등급으로 오손된 애자의 누설전류

그림 3는 D등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화를 나타낸 것으로 누설전류는 14일 동안 측정하였다. 애자를 부착하던 날 1.1 mm와 0.1 mm의 강우량을 보였을 때 비오손 애자, 황토, 카올린의 누설전류 최고값은 각각 380 [µA], 460 [µA], 1,100 [µA]로 나타났다. 이후 9일 동안에는 비가 내리지 않았으며 누설전류 값의 변화는 다른 등급으로 오손된 애자와 비슷한 경향을 보였다. 그리고 13일째에는 10.4 mm의 큰비가 내렸을 때 누설전류 최고값은 각각 1,050 [µA], 2,290 [µA], 3,200 [µA]로 크게 증가하였다. 이후에는 다시 누설전류가 감소한 것으로 보아, 인공 오손된 애자가 자연세정된 것으로 판단된다.

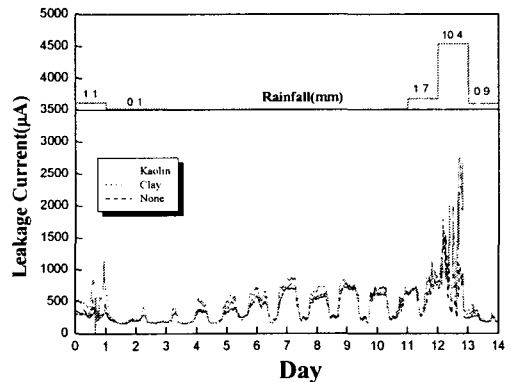


그림 3. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 D)

Fig. 3. Leakage current of insulators according to rainfall(contamination level D)

3.2 습도에 따른 누설전류 변화

오손된 애자의 누설전류가 낮에는 감소하고 밤에는 증가되는 이유는 습도의 변화로 판단되어 오손된 애자가 세정되기 직전까지의 데이터를 활용하여 분석하였다. 특히 온도에 의한 영향을 제외하기 위하여 온도가 20℃일 때, 습도변화에 따른 누설전류 변화를 분석하였다.

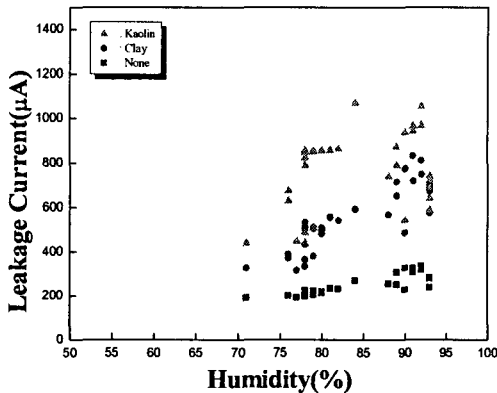


그림 4. 습도에 따른 애자의 누설전류 변화(B등급, 20℃)

Fig. 4. Leakage current of insulators according to humidity(contamination level B, 20℃)

그림 4은 비오손된 애자와 황토와 카올린으로 B등급으로 인공 오손한 애자의 습도증가에 따른 누설전류 변화를 측정할 결과이다. 그림에서와 같이 습도가 증가함에 따라 황토와 카올린의 누설전류는 증가하였다. 습도가 72%일 때 비오손 애자, 황토, 카올린의 누설전류는 190 [μA], 360 [μA], 440 [μA]이고 습도 90%로 높을 때 누설전류는 각각 330 [μA], 830 [μA], 1,050 [μA]로 카올린이 습도에 더 큰 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

황토와 카올린을 사용하여 B, C, D등급으로 인공 오손된 애자(36,000lbs)를 만들어 154 kV 옥외실중실험선로에 오손애자와 비오손 애자에 대한 습도, 강우량 등의 환경요인에 따라 누설전류 특성을 분석하였다.

1. 낮에는 오손애자와 비오손 애자의 누설전류에 오손등급에 상관없이 역 200 [μA]로 차이는 없었으나, 설치 후 1일째 밤에는 황토 및 카올린으로 오손된 애자의 누설전류 최고값이 각각 B등급에서는 약 800, 780이고, C등급에서는 약 316 [μA], 440 [μA]이고, D등급에서는 약 460 [μA], 1,100 [μA]로 누설전류가 증가하였다.
2. 오손된 상태에서 최초로 내리는 폭우일 때 B, D등급의 황토와 카올린의 누설전류 최고값은 B등급에서는 약 990 [μA], 2,260 [μA]이고, D등급에서는 약 2,290 [μA], 3,200 [μA]로 증가하였다. 폭우 이후에는 애자에 부착된 염분이 자연세정으로 감소되었기 때문에 비가 내리더라도 누설전류 값은 비오손 애자와 큰 차이는 없다.

3. 온도(20℃ 기준)가 일정 할 때, 습도가 낮은(72% 이하) 상태에서는 비오손 애자와 오손애자의 누설전류 차이가 거의 없었으나, 습도가 증가(72% 이상)함에 따라 오손된 애자의 누설전류가 크게 증가하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Ishiwari, et al, "Various artificial contamination withstand voltage test methods and a comparison of their results on polymer and porcelain insulators", High Voltage Engineering, Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467), Vol. 4, p. 23, 1999.
- [2] He Pei-Zhong, Xu Cheng-Dong, "The test and investigation results on naturally polluted insulators and their application to insulator design of power system in the polluted areas" CIGRE, 33-07, 1978.
- [3] Md. Abdus Salam, Hussein Ahmad and T. Tamsir, "Calculation of time to flashover of contaminated insulator by Dimensional Analysis technique", Computer & Electrical Engineering, p. 419, 2001.