

환경에 따른 송전용 애자의 누설전류 분석

최인혁*, 이동일*, 김찬영**
한전전력연구원*, 우석대학교**

Analyses of Leakage Current of Transmission Insulator as a Function of Environmental Condition

In Hyuk Choi*, Dong Il Lee*, and Chan Young Kim**,
KEPRI*, Woosuk Uni.

Abstract

The leakage currents of transmission insulator were investigated as a function of environmental conditions, such as temperature, humidity, and rainfall. The insulators were artificially contaminated with insoluble yellow soil and kaolin which helped salt to stick on the surface of insulator. The insulators contaminated with the grade of B, C, and D were installed in the KoChang Testing Center. The leakage currents were measured and compared with non-contaminated insulators. The results indicated that the most important factor affecting leakage current was humidity. After heavy rain, the artificially contaminated salt was dissolved, resulting in similar characteristics between with and without contamination

Key Words : Artificial contamination, Leakage current, Transmission suspension insulator

1. 서론

자기재 송전용 애자(36,000 lbs)를 인공오손방법에 따라 오손시키고, 고창실증시험장의 야외구조물에 실제선로와 동일한 방법으로 설치하여, 전압을 인가하고 누설전류를 측정하였다. 강우량, 습도, 온도 등의 환경변화에 따른 누설전류 변화를 크게 하기 위하여 애자를 인공오손시켜 측정하였다.

애자의 표면에 인위적으로 부착된 황토 및 카올린(kaolin)은 고착강도가 작아, 우천시에 쉽게 세정되는 특징이 있다. 또한 오손물에 혼합된 염분도 우천에 의해 농도가 감소된다. 따라서, 우천 전과 후의 누설전류를 측정하여 자연세정효과를 분석하였다. 그리고 오손되지 않은 애자의 누설전류를 오손된 애자와 함께 측정함으로써, 오손물(황토 및 카올린)에 따른 누설전류를 측정하였다. 또한 애자를 오손등급별로 오손시켜 누설전류를 등가염분부착밀도와 상관하여 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험방법

2.1.1 인공오손 시험 절차

애자에 대한 인공오손은 고창실증시험장에서 하였다. 인공오손에 필요한 물은 수도물(tap water, 약 50 μ S/cm)대신 지하수(underground water, 약 300 μ S/cm)를 사용하였다. 그림 1은 애자의 인공오손 시험절차를 나타냈다.

2.1.2 인공오손

애자를 인공오손시키기 위해 황토와 카올린 각각 800g에 지하수 20 ℓ 를 사용하였다. 오손등급을 B, C, 그리고 D등급으로 오손시키기 위해, 식염량을 500g, 1,000g, 2,000g씩 각각 사용하여 오손물을 만들었다.

인공 오손물에 애자를 함침하면서, 오손물의 염분 균일성을 유지하기 위하여 오손물을 저어 주면

서, 함침시간이 30초를 지나면 애자를 오손물에서 건져, 애자의 캡과 핀을 지면과 수직하게 하여, 오손물이 애자의 표면에 균일하게 부착되도록 하고, 음지에 놓인 건조대에 걸쳐 수분이 증발되도록 건조시켰다.

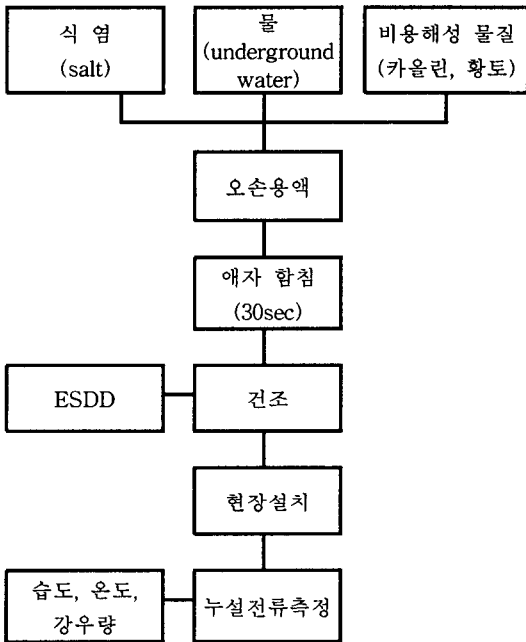


그림 1. 애자의 인공오손 시험법

건조된 오손애자는 고창실증시험장에 설치된 야외구조물에 비오손된 애자와 동일한 수량을 부착하여 누설전류를 측정하였다. 그림 2는 오손된 애자를 설치한 사진이다.

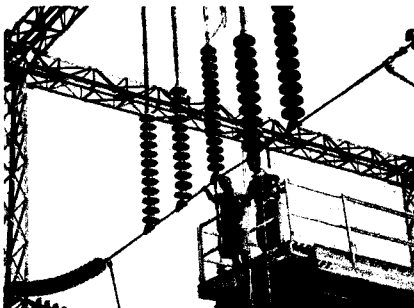


그림 2. 누설전류 측정을 위한 인공오손된 애자의 설치

3. 결과 및 고찰

3.1. ESDD 측정

고창실증시험장에서 사용한 지하수의 전도도(약 300 μ S/cm)는 일반 수돗물의 전도도(약 50 μ S/cm)보다 컸기 때문에 일반 수돗물을 사용한 경우보다 오손등급이 높은 것으로 나타났다. 표 1은 황토와 카울린으로 오손시킨 애자의 하면을, 면습으로 세정하여 측정된 전도도로 ESDD를 계산하여, 오손등급을 평가한 결과이다.

표 1. 인공오손시킨 애자의 오손등급

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

3.2. 누설전류 측정

3.2.1 누설전류의 시간적 변화

3.2.1.1 B등급으로 오손된 애자의 누설전류

B등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화는 그림 3과 같다. 누설전류를 기상청의 강우량(위쪽 그래프) 데이터와 함께 비교하였다. 처음 2일 동안은 비가 오지 않았고, 3일 째는 3.1 mm, 4일 째는 4.9 mm의 아주 적은 강우량을 보였다. 이 기간 동안에 누설전류는 강우량에 영향을 받지 않았다. 즉 오손된 애자가 우천으로 자연세정되기 전까지, 낮에는 오손애자와 비오손애자의 누설전류에 큰 차이는 없었다. 그러나 밤에는 비오손애자의 누설전류는 약간 증가하였지만, 오손된 애자의 누설전류는 크게 증가하였다. 애자를 설치하고 5일 째와 6일 째의 강우량이 41과 51mm로써, 매우 많은 비가 내렸다. 따라서 오손된 상태에서 많은 강우량은 누설전류를 크게 증가시켰다. 비가 그친 이후에는 비오손애자와 오손애자의 누설전류차이가 크지 줄었다. 이것은 오손된 애자에 부착된 염분이 자연세정으로 감소되었기 때문으로 판단된다.

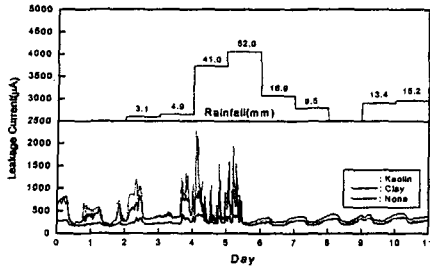


그림 3. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 B)

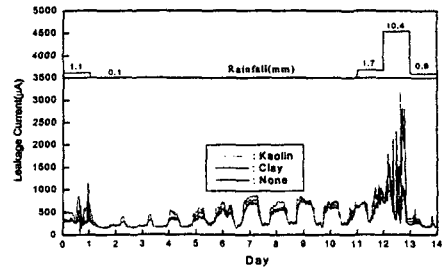


그림 5. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 D)

3.2.1.2 C등급으로 오손된 애자의 누설전류

그림 4는 C등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화를 나타낸 것이다. 이 기간동안에 비는 거의 오지 않았다. 마지막 날 0.1mm의 강우량을 보였다. 오손등급 C로 인공오손된 애자도 B등급으로 오손된 애자의 누설전류와 비슷한 경향을 나타냈다. 즉 낮에는 비오손애자와 오손된 애자의 누설전류에 큰 차이가 없었지만, 저녁부터 새벽까지의 누설전류는 비오손애자에 비하여 크게 증가하는 것으로 나타났다.

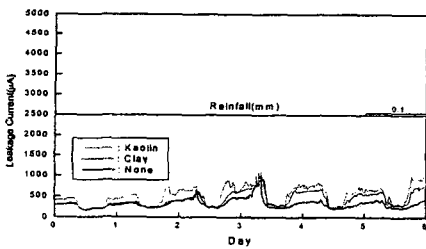


그림 4. 강우량에 따른 애자의 누설전류(오손등급 C)

3.2.2 오손등급과 강우량에 따른 누설전류의 변화

그림 6과 7은 각각 B와 C등급으로 오손된 애자에 큰 강우량이 내렸을 경우의 누설전류 변화이다. 등급 B로 인공오손된 애자의 최고 누설전류값은 2,300 μ A이었지만, 등급 D로 오손된 애자의 최고 누설전류값은 3,000 μ A이었다. 따라서 누적 오손이 최대로 되고 최초로 많은 강우량이 내릴 경우의 누설전류가 가장 큰 것으로 확인되었다. 그 이후에는 애자가 자연세정되어 많은 비가 내리더라도 누설전류가 큰 값으로 증가하지는 않았다.

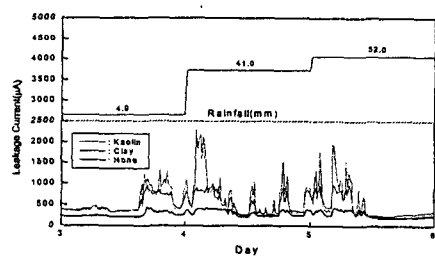


그림 6. 오손등급 B로 오손된 애자의 우천시 누설전류

3.2.1.3 D등급으로 오손된 애자의 누설전류

그림 5는 D등급으로 오손된 애자의 누설전류 변화를 나타낸 것이다. 애자를 부착하던 날 1.1mm와 0.1mm의 강우량을 보였을 때 누설전류가 증가하였다. 이후 9일 동안에는 비가 내리지 않았다. 이 기간 동안의 누설전류변화는 다른 등급으로 오손된 애자와 같은 경향을 보였다. 즉 밤에는 증가하였고, 낮에는 감소하였다. 13일째에는 10.4 mm의 큰비가 내렸고 누설전류도 크게 증가하였다. 이후에는 다시 누설전류가 크게 감소한 것으로 보아, 인공오손된 애자가 자연세정된 것으로 판단된다.

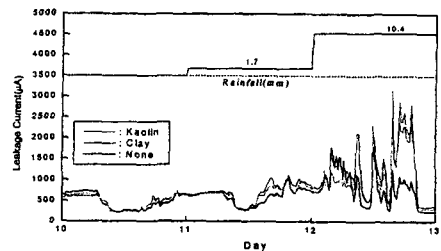


그림 7. 오손등급 D로 오손된 애자의 우천시 누설전류

3.2.3 습도에 따른 누설전류 변화

오손된 애자의 누설전류가 낮에는 감소하고 밤에는 증가되는 이유는 습도의 변화로 판단된다. 따라서 각 오손등급으로 오손된 애자의 누설전류를 습도의 변화에 따라 분석하였다. 습도에 따른 누설전류는 오손된 애자가 세정되기 직전까지의 데이터를 활용하여 분석하였다. 특히 온도에 의한 영향을 제외하기 위하여 온도가 20℃일 때, 습도변화에 따른 누설전류 변화를 분석하였다.

3.2.3.1 B급 오손애자의 습도에 따른 누설전류

그림 8은 비오손애자, 황토와 카올린으로 인공오손시킨 애자의 습도증가에 따른 누설전류변화를 측정된 결과이다. 그림에서와 같이 습도가 증가함에 따라 누설전류가 증가하였다. 또한 비오손애자에 비하여 B등급으로 오손된 황토와 카올린의 누설전류의 증가폭이 더욱 컸다.

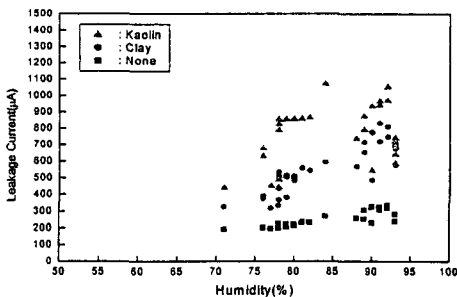


그림 8. 습도에 따른 누설전류 변화(B등급, 20℃)

3.2.3.2 C급 오손애자의 습도에 따른 누설전류

그림 9는 C등급으로 오손된 애자의 누설전류를 습도의 함수로 나타낸 그래프이다. 습도가 낮은(72% 이하) 상태에서는 비오손애자와 오손애자의 누설전류 차이가 거의 없었다. 습도가 증가함에 따라 애자의 누설전류가 증가하였다. 비오손애자에 비하여 C등급으로 오손된 애자의 누설전류 증가폭이 더욱 컸다.

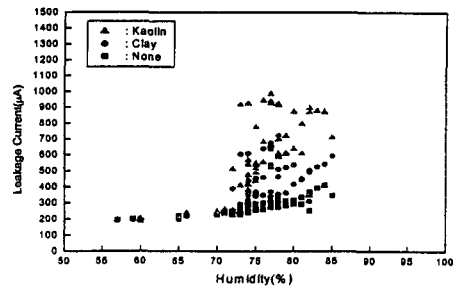


그림 9. 습도에 따른 누설전류 변화(C등급, 20℃)

3.2.3.3 D급 오손애자의 습도에 따른 누설전류

그림 10은 D등급으로 오손된 애자의 습도에 따른 누설전류 변화이다. 습도가 낮은 상태에서는 오손애자와 비오손애자의 차이가 없었으나 습도가 약 72% 이상에서는 누설전류의 차이가 변하고 있다. 그러나 온도가 20℃ 상태이고 습도가 높은 데이터가 존재하지 않아 확인할 수는 없었지만 습도가 올라감에 따라 그 차이가 크게 변할 것으로 판단된다.

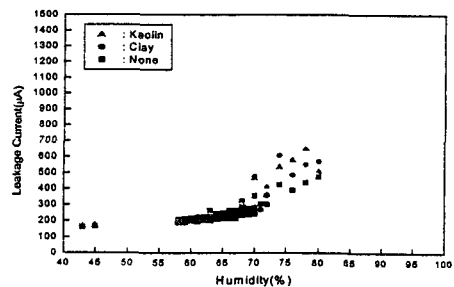


그림 10. 습도에 따른 누설전류 변화(D등급, 20℃)

3.2.4 온도에 따른 누설전류의 변화

그림 11과 12는 습도가 88%일 때, 온도변화에 의한 B급 및 C급 애자의 누설전류 변화를 관찰한 그래프이다. 그림에서 보이는 바와 같이 습도가 일정할 때, 온도가 증가하면 누설전류도 증가하는 경향이 있다. 그러나 그 증가하는 기울기는 습도의 기울기에 비해서는 작은 것으로 판단되었다. 일반적으로 습도가 높은(88%) 새벽의 경우에는 온도변화가 12~18℃로써 크지 않았기 때문에 온도가 누설전류에 끼치는 영향은 크지 않은 것으로 판단되었다.

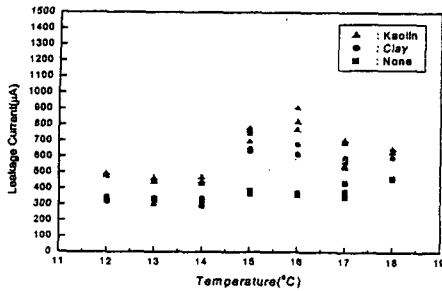


그림 14. 온도변화에 따른 누설전류의 변화(C급, 습도 : 88%)

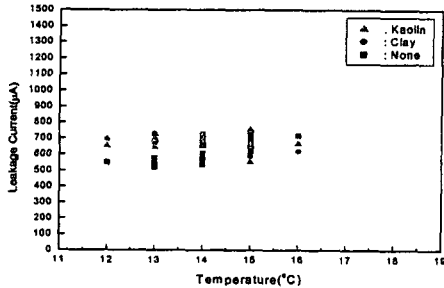


그림 15. 온도변화에 따른 누설전류의 변화(D급, 습도 : 88%)

4. 결론

황토와 카올린을 사용하여 B, C, D등급으로 애자를 인공오손시켜 누설전류를 측정하였고, 습도, 기온, 강우량 등의 환경과 관련하여 분석하였다.

1. 낮에는 오손애자와 비오손애자의 누설전류에 큰 차이는 없었으나, 밤에는 오손된 애자의 누설전류가 비오손애자와 비교하여 크게 증가하였다. 이것은 습도가 증가함에 따라 오손된 애자의 전도도가 증가하여 누설전류가 증가하는 것으로 판단된다.
2. 오손된 상태에서 최초로 내리는 폭우는 누설전류를 크게 증가시켰다. 폭우 이후에는 애자에 부착된 염분이 자연세정으로 감소되었기 때문에, 비가 내리더라도 누설전류가 큰 값으로 증가하지 않았다.

3. 습도가 낮은(72% 이하) 상태에서는 비오손애자와 오손애자의 누설전류 차이가 거의 없었으나, 습도가 증가(72% 이상)함에 따라 오손된 애자의 누설전류가 크게 증가하였다.
4. 습도가 일정(88%)할 때, 온도에 따른 누설전류의 변화는 크지 않았다. 따라서 누설전류는 애자의 오손등급, 애자가 오손된 상태에서 최초로 내리는 폭우, 그리고 습도가 높을 경우에 크게 증가하는 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] T. Sorqvist and A.E. Vlastors, "Hydrophobicity and leakage current statistics of polymeric insulators long-term exposed, to coastal contamination", Conference Record of the 1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, Quebec, Canada, June 16-19, pp. 335-338, 1996
- [2] K. Naito et al., "Test Method and Results for Recent Outdoor Insulation in Japan", IEEE Transaction on Dielectric and Electrical Insulation, Vol. 6 No. 5, pp. 732-742, October, 1999
- [3] Liang Xidong et al., "Application and Evaluation of Composite Insulators in China", Korea-China Int'l Joint Symposium", KERI pp. 83-96, 2001
- [4] Sogo Matsui et al., "State of the Art of Insulator Technology for Transmission Lines in Japan", CIGRE SC22, Sendai Meeting, pp. 19-27, 1997
- [5] K. Takasu, "Measurement of Insulator Contamination and Artificial Contamination Test Techniques on Insulator String", CRIEPI, Yokosuka Res. Lab, June 1999