

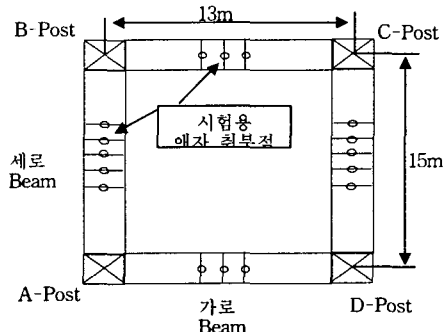
송전용 애자의 옥외 장기실증시험을 통한 누설전류 특성

최인혁*, 최장현*, 정운환*, 이동일*, 정길조*, 신태우**, 민병욱**
 한전 전력연구원*, 한국전력공사**

Leakage Current Characteristics of Experiment Outdoor Stations
 for Long-term Testing of EHV Insulators

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

Abstract - 옥외 장기실증시험 설비를 구축하여 154 [kV] 송전 전압으로 1년 동안 자기애자(36,000lbs) 및 폴리머 애자(154 [kV] 용)에 대하여 비 또는 눈이 올 때 각 재질에 대한 누설전류 특성에 관하여 조사하였다. 그 결과 자기애자는 누설전류가 장마철, 한여름, 가을의 경우 잦은 집중호우로 첫날은 급격한 증가가 보였으면 폭우 후에는 자연세정으로 인한 폭우 전보다 더 낮게 나타났다. 그리고 겨울에 눈이 올 경우에는 적은 양의 눈으로도 자기 애자 표면에 눈의 쌓여 누설전류가 넓은 시간 높게 나타났으며, 겨울비가 올 경우에는 겨울 동안 눈으로 인해 염분 및 진애의 누적으로 폭우에 대하여 사계절 중 가장 높은 누설전류를 나타냈다. 한편 폴리머 애자의 경우에는 사계절에 관계없이 누설전류 증감은 크지 않았으나 겨울비가 올 경우에는 누설전류가 수 백 [μA]까지 증가하였다.



철구 모형도

그림 1. 옥외 장기실증시험장 구조도

1. 서 론

송전선에 의해 발생하여 누설전류는 아주 낮지만 지형적인 영향으로 인한 염분 및 진애 또는 강우, 습도, 온도, 풍속 등 외부 환경적인에 영향을 받아 그 값이 급속히 증가한다. 이런 누설전류는 애자 표면을 통해 흐르기 때문에 애자의 재질에 따라 그 값은 많이 차이를 보이는데 자기애자가 더 높은 누설전류 특성을 가진다[1]. 그러나 폴리머 애자의 경우에는 신품의 경우에는 낮은 누설전류이기 때문에 성능 감소가 없지만, 표면 오손 및 애자 손상으로 인한 누설전류의 급속한 증가로 인해 트래킹 부식 및 코로나가 발생하여 애자의 성능 감소 및 정전 피해가 발생 할 수 있다[2]. 그래서 외국의 연구 단체 및 선진 국가에서는 이런 신뢰성의 장기 신뢰성을 평가하기 위해 옥외 장기실증시험장을 구축하여 본국의 애자 특성 평가 및 수입애자에 대한 성능평가를 위해 이런 설비를 구축하고 있다 [3, 4]. 그러나 우리나라는 아직 이런 옥외장기실증시험장의 설비가 제대로 갖추어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 사계절에 대하여 비 또는 눈에 의해 누설전류가 어떻게 변화하는지 관찰하기 위해 옥외 장기실증시험장을 구축하여 시험용 변압기를 이용하여 154 [kV] 선간전압을 인가하여 가공송전용 자기애자 및 폴리머 애자의 경년품 및 신품에 누설전류 특성에 관해 연구하였다.

2. 본 론

2.1 장기실증시험 설비 구축

송전용 애자의 누설전류를 측정하기 위해 먼저 옥외 장기실증시험 설비를 구축하였다. 그림 1은 구조물의 모형도로 가로 13 [m] 세로 15 [m]이고, 상부구조물과 송전선의 거리는 6 [m] 송전선과 지상과의 높이는 8 [m]로 전체 높이는 14 [m]로 되어 있다. 완성된 시험장에 표 1과 같이 시험용 송전용 애자의 누설전류를 측정하기 위해 접지쪽 애자에 누설전류 측정용 월드선을 연결하였다.

표 1. 애자의 사양

Sample	애자 종류	제조사	애자 강도	제작 년도	구분
No.1	폴리머	국내A	154kV용	2001	신 품
No.2	폴리머	국외B	154kV용	1999	경년품
No.3	폴리머	국내B	154kV용	1999	경년품
No.4	자기	국내C	36,000lbs	2000	신 품
No.5	자기	국외B	36,000lbs	2001	신 품
No.6	자기	국내C	36,000lbs	1989	경년품
No.7	자기	국외B	36,000lbs	1999	경년품

2.2 누설전류 측정시스템(LCMS)의 구성

그림 2는 LCMS(Leakage Current Measuring System) 구성도로써, 본 시스템은 광대역 누설전류를 측정하기 위해 측정범위를 자동적으로 변경할 수 있도록 10 [Ω], 100 [Ω], 1,000 [Ω] 등 3개의 무유도성 분로(shunt) 저항으로 구성된 자동절체부(auto range selector part)가 포함된 누설전류 측정부(leakage current measuring part), 누설전류가 외부 환경적 요소인, 온도, 습도, 풍향, 풍속에 많은 영향을 받기 때문에 기상 관측부(meteorological observation part)를 설치하였다. 또한, 측정된 누설전류와 환경요인(parameter)의 노이즈 제거 및 증폭을 위한 신호 처리부(signal converter part), 계속된 누설전류 및 기상 자료를 관측지로 보내기 위한 신호 전송부(analog signal transmitter part), 자료를 전송 받아 저장하고 표시하기 위한 자료 수신 및 기록부(data receiving & recording part), 현장에서 장비 점검시 필요한 현장 표시부(local indicator)로 구성되었다. 특히 고전압의 위험으로부터 계측자의 안전을 확보하고, 썬지, 낙뢰 등의 영향으로 발생하는 과도 썬지 전압으로부터 시스템을 효과적으로 보호하기 위한 썬지 차단부(surge protection part)로 구성하였다.[5]

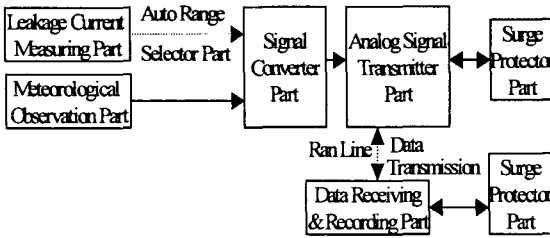


그림 2. 누설전류 측정 장치 구성도

3. 실험결과 및 고찰

우의장기 실증시험장에 선간전압 154 [kV] 전압을 인가하여 주위 환경적 요인 및 등가임분부착밀도와 누설전류와의 관계를 알아보았다. 송전선에서 발생하는 애자의 누설전류 값은 분로(shunt) 저항과 직렬로 연결하여 전압을 측정하는 방법으로 계측기의 데이터 샘플링은 분당 3개의 비율로 전압의 평균값을 측정하였다.

그림 3은 2003년 6월 23일의 장마철 우천시 기상상의 조건에서 36,000lbs 자기애자와 154 [kV]용 폴리머 애자의 누설전류 특성을 나타낸 것이다. 자기애자의 경우에는 경년품인 no.6, no.7은 높은 누설전류 값을 나타내며, 국의 B사와 국내 C사의 신제품인 no.4, no.5은 경년품에 비하여 더욱 안정된 누설전류 특성을 보였다. 경년품의 누설전류가 높은 이유는 재질 특성 보다는 염분 및 진에 등의 부착으로 인한 표면의 자연오손 때문으로 판단된다. 그리고 폴리머 애자의 경우에는 재질의 특성상 발수 특성 때문에 우천시에 표면에 물기가 있어도 누설전류의 값에는 영향을 주지 않아 자기애자의 누설전류와는 상이한 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

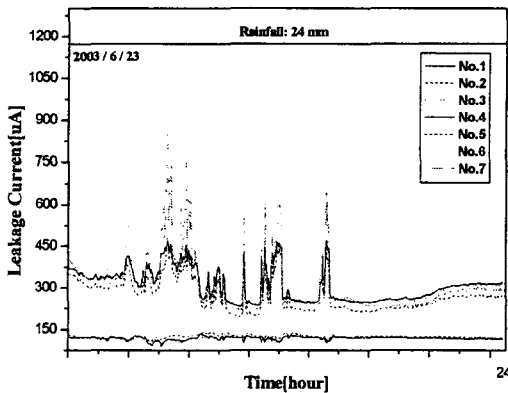


그림 3. 장마철의 누설전류 특성(2003. 6. 23)

그림 4는 한여름에 비가 올 때의 누설전류를 나타낸 것이다. 자기애자의 경우 8월 17일 비가 9.5 [mm] 왔지만 오후 시간 때에 집중되어 누설전류가 급격히 증가하였다. 이는 건조 상태에서 염분 및 진에의 영향으로 집중된 폭우에 대하여 누설전류가 증가한 것이고, 8월 18, 19일의 경우는 비록 많은 비가 왔지만 염분 및 진에 등이 애자 표면의 세정으로 인한 누설전류가 8월 17일에 비하여 증가 폭이 낮게 나왔다는 것을 알 수 있다. 그리고 no.7, no.8의 경년품 자기애자가 급격한 누설전류 증가를 보였으면 국내산 신제품인 no. 5가 한여름의 집중호우에는 누설전류 특성이 가장 우수한 것으로 나타났다. 한편 폴리머 애자의 경우는 우천시에는 약간의 누설전류

증감이 있었으나 건조시와 차이 없이 누설전류는 아주 낮게 나타났다.

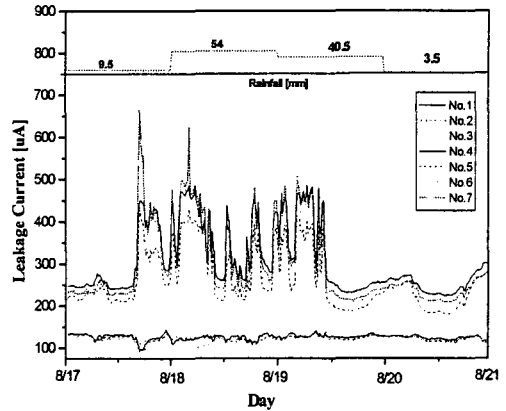


그림 3. 한여름 우천시의 누설전류 특성(2003.8.17-21)

그림 4는 가을에 비가 올 때의 누설전류 특성을 나타낸 것이다. 자기애자의 경우 그림 3의 한여름의 우천시의 누설전류와 비슷한 누설전류 특성을 보였다. 하지만 폭우에 의한 세정작용으로 우천후의 누설전류가 폭우 전과 비교하여 더 낮은 누설전류를 나타냈다. 폴리머 애자의 경우는 한여름 보다 더 안정된 누설전류를 나타냈으며, 건조상태와 비교해도 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

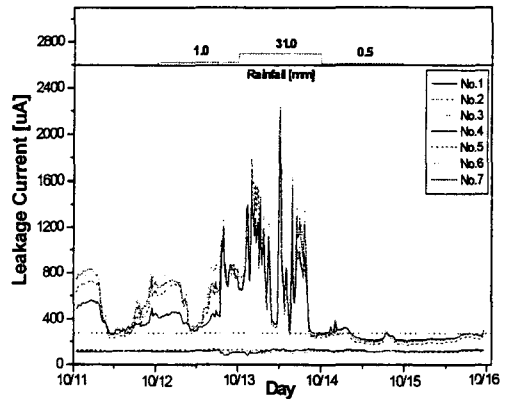


그림 4. 가을 우천시의 누설전류 특성(2003.10.11 - 15)

그림 5는 겨울에 눈이 올 때 누설전류 특성을 나타낸 것이다. 자기애자이 경우 5일 동안 눈이 오는 시간과 오지 않는 시간을 누설전류 곡선으로 확연히 구별할 수 있다. 겨울눈에 대한 누설전류는 한여름 및 가을의 우천시와는 달리 적은 양의 눈으로도 누설전류가 넓은 시간 동안 높게 나타났다. 이는 야간에 온 눈이 낮은 온도 때문에 애자의 표면에 얼어붙어 누설전류가 계속 증가한 상태로 유지되었기 때문이라고 사료된다. 그리고 전체적으로 no. 4의 외국산 자기애자 신제품의 누설전류는 조금씩 높게 나타났다. 이것은 여름 및 가을과는 반대되는 특성으로 겨울의 낮은 온도 때문이라고 사료되며, 국내산이

온도 특성이 더 우수할 것으로 예측된다. 폴리머 애자의 경우에는 겨울의 눈에도 누설전류 특성은 우수한 것으로 나타났다.

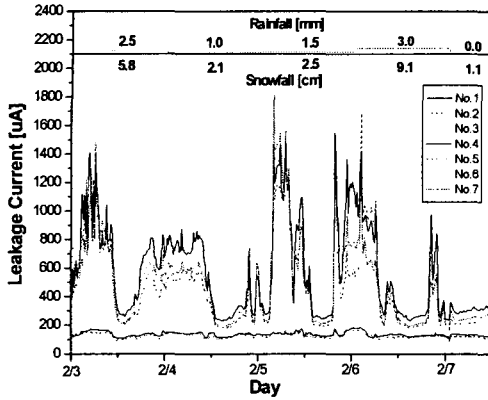


그림 5. 눈 올 때 누설전류 특성(2004.2.23 - 7, -5℃)

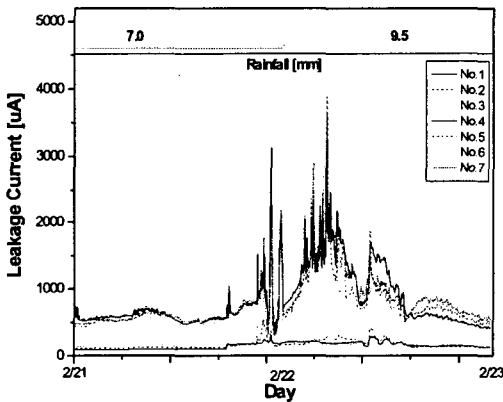


그림 6. 겨울비 올 때 누설전류 특성(2004.2.21-22, 5℃)

그림 6은 2월달에 겨울비가 올 때 누설전류 특성을 나타낸 것이다. 자기애자의 경우 22일 우천시 누설전류가 약 4,000 [µA]까지 증가했다. 이는 겨울 동안 잦은 눈으로 인해 애자 표면의 염분 및 진애가 누적되어 우천시에 누설전류가 가장 높게 나타난 것이다. 그리고 no.5 자기애자의 경우는 우천초기에는 가장 높은 누설전류를 보였으나 우천후는 가장 낮은 누설전류를 나타냈다. 이는 no.5가 비로 인한 자연세정효과가 가장 높은 것으로 사료된다. 폴리머 애자의 경우 21일 자정부분에서 누설전류가 수 백 [µA]까지 증가했다. 특히 no. 3의 경년품 폴리머 애자의 경우에는 약 1,000 [µA]까지 증가하였는데, 이는 겨울 동안 낮은 온도로 인해 폴리머의 재질 특성상 일시적으로 발수 특성이 상실되어 누설전류가 증가되었거나 아니면 경년품의 특성상 경년 변화가 일시적으로 진행되어 누설전류가 증가했다고 사료된다.

4. 결 론

옥의 장기실중시험 설비를 구축하여 154 [kV] 송전 전

압으로 1년 동안 자기애자(36,000lbs) 및 폴리머 애자(154 [kV] 용)에 대하여 비 또는 눈이 올 때 각 계절에 대한 누설전류 특성에 관하여 연구하였다.

1. 자기애자의 경우 누설전류가 장마철, 한여름, 가을의 경우 잦은 집중호우로 첫날은 급격한 증가가 보였으면 폭우 후에는 자연세정으로 인한 폭우 전보다 더 낮게 나타났다.

2. 자기애자의 경우 겨울에 적은 양의 눈으로도 애자 표면에 눈의 쌓여 누설전류가 넓은 시간 높게 나타났으며, 겨울비가 올 경우에는 겨울 동안 눈으로 인해 염분 및 진애의 누적으로 폭우에 대하여 사계절중 가장 높은 누설전류를 나타냈다.

3. 폴리머 애자의 경우에는 사계절에 관계없이 누설전류 증감은 크지 않았으나 겨울비가 올 경우에는 누설전류가 수 백 [µA]까지 증가하였다.

향후, 장기간동안 지속적인 누설전류 측정을 통한 신뢰성 높은 데이터를 취득하여 애자로 인한 송전전압의 이상현상을 예방할 수 있는 실험을 지속적으로 진행할 예정입니다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. Grzybowski, R. A. Wilson, A. L. Libby, R. Barbre, "Electrical and mechanical performance of porcelain suspension insulators removed from a 230kV transmission line after 35 years of service", IEEE proceedings, p. 59, 1995.
- (2) Stephen A. Sebo, John D. Sakich, Tiebin Zhao, "Evaluation of leakage current pulse data of polymer insulator aging tests" IEEE international conference, p. 426, 1998.
- (3) Guozhang Xu Paul B. McGrath, Clayton W. Burns, "Accelerated environmental and electrical aging of polymer insulators", IEEE annual report, p. 405, 1996.
- (4) Redu Munteanu, Felix Kaidanov, "Some results of polluted insulator investigations in Israel", IEEE proceedings, p. 491, 1996.
- (5) I. H. Choi, J. H. Choi, D. I. Lee, G. J. Jung, J. S. Ahn, "광역 누설전류 자동측정 장치", Korea Patent, 10-2003-0074891, 2003.