

송전용 폴리머 애자에 대한 산불영향 평가

이원교*, 강병규*, 최인혁*, 이동일*, 최한열**, 신태우*
 한전 전력연구원*, 한전 중앙교육원**

An Analysis of Forest Fire for Transmission Polymer Insulators

W. K. Lee, B. K. Kang, I. H. Choi, D. I. Lee, T. W. Shin
 KEPRI

H. Y. Choi
 KEPSCO

Abstract - 폴리머 애자는 절연 특성이 우수하고 무게가 가벼워 설치하기 쉽고 운반 및 설치가 용이하여 송배전 가공 선로에서의 사용이 점점 증가하고 있다. 특히, 우수한 발수 특성으로 섬락 사고를 방지하며 누설전류가 적어 전력 손실 감소에 크게 기여한다. 자기 애자에 비교한 여러 장점으로 세계적으로 사용이 급격히 확대되어 왔으며, 국내에서도 배전급 선로에서는 대부분 폴리머 애자를 사용하고 있으며, 송전 선로에서도 확대 사용 중에 있다. 폴리머 애자는 무기물인 자기 애자에 비교하여 비교적 저온에서 분해 될 가능성이 많기 때문에 산불에 의하여 발생할 피해와 신뢰성을 파악하고 검토하여야 한다. 우리나라 송전선로는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있으므로 폴리머 애자가 산불에 대하여 취약하거나 신뢰성이 크게 저하된다면 송전선로의 안정적 운용에 심각한 장애 요소가 될 것이며 산업 전반에 걸친 부정적 파급 효과는 엄청날 것이다. 하지만 지금까지 국내는 물론 세계적으로도 산불의 발생이 송전급 폴리머 애자의 신뢰성에 미치는 영향을 구체적으로 연구한 문헌은 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 폴리머 애자에 154 kV 전압을 실제로 인가한 상태에서 산불을 모의한 실험으로, 산불의 발생이 폴리머 애자의 신뢰성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이미 수십 년의 사용 실적이 있는 자기 애자와 비교 실험, 평가함으로써 그 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다.

1. 서 론

송배전용 설비에 사용되는 옥외 절연물로는 porcelain 이나 glass insulator가 주로 사용되어 왔지만 최근 신소재의 발달로 가볍고 절연능력이 우수한 폴리머애자(composite insulator)가 보편화되기 시작하였다. 고분자 소재를 이용한 대형절연물의 제조 기술이 성숙되어 가고 있고, 생산 원가 면에서도 porcelain보다 유리하여 이미 폴리머애자의 가격이 저렴해지고 있는 실정이다. 더욱이 국토가 좁아 송배전 설비의 시설환경이 좋지 않고(산악, 도서) 선진사회화 되면서 인건비 상승으로 인하여 취급이 용이하고 경량인 이들 폴리머애자의 장점이 부각되는 시점에 와 있다. 국내에서도 배전급 선로에서는 대부분 폴리머 애자를 사용하고 있으며, 송전 선로에서도 확대 사용 중에 있다. 현재 국내에는 약 720만개의 송전용 애자가 설치되어 있으며, 이중 국산 애자가 약 340만개로서 48%를 차지하고 있고 수입 애자가 약 380만개로서 약 52%를 차지하고 있다. 재질별로는 자기 애자가 거의 대부분(99.4%)을 차지하며 유리 애자는 약 40,000개이고, 폴리머애자는 1999년 외자를 도입하여 154 kV 선로에 시사용하였고 국산품으로는 2002년부터 현재까지 2,445개가 설치되어 있다. 폴리머애자는 선로 예방을 위하여 산불발생 위험 지역에는 적용되고 있지 않으며 도시, 공단, 평지, 평야 등의 산불 안전 지역과 오손 A등급 이상 및 공단 등 염진해 지역에 설치되어 있다.

한편, 폴리머 애자는 무기물인 자기 애자에 비교하여 비교적 저온에서 분해될 가능성이 많기 때문에 산불에 의하여 발생할 피해와 신뢰성을 파악하고 검토하여야 한다. 우리나라 송전선로는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있으므로 폴리머 애자가 산불에 대하여 취약하거나 신뢰성이 크게 저하된다면 송전선로의 안정적 운용에 심각한 장애 요소가 될 것이며 산업 전반에 걸친 부정적 파급 효과는 엄청날 것이다.

이와 같은 산불 영향에 대한 우려에도 불구하고, 지금까지 국내는 물론 세계적으로도 산불의 발생이 송전급 폴리머 애자의 신뢰성에 미치는 영향을 구체적으로 연구한 문헌은 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 폴리머 애자에 154 kV 전압을 실제로 인가한 상태에서 산불을 모의한 실험으로, 산불의 발생이 폴리머

애자의 신뢰성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이미 수십 년의 사용 실적이 있는 자기 애자와 비교 실험, 평가함으로써 그 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다.

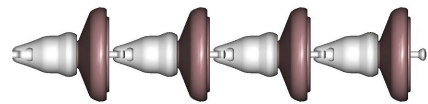
2. 본 론

2.1 실험장치 및 시료

실제 발생하는 산불 영향에 따라 송전용 폴리머애자가 600℃ 이상의 온도에서 어떤 특성변화가 있는지 분석하기 위해 600℃ 이상으로 하는 무가압 실험과 온도 변화에 따른 누설전류 변화 특성을 분석하기 위한 가압시험을 각각 실시하였다. 가압실험은 실제 시험선로에서 내장 및 현수 애자에 상전압 90kV 전압을 인가한 상태에서 온도와 누설전류를 각각 실시간으로 측정하였다. 가압 시험은 시험선로의 전선쪽 가까이 온도센서를 취부했을 경우 섬락이 발생하여 전압을 인가 할 수 없으므로, 온도센서를 접지쪽(암쪽)에 취부해야 한다. 따라서 폴리머애자 갓의 길이가 1.28m로서 화원을 기준으로 폴리머애자의 위치에 따른 온도 차이를 산출할 필요성이 있다.

2.1.1. 자기애자(Porcelain Insulator) 시험시료

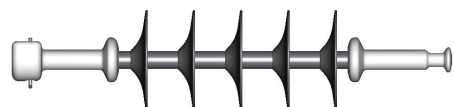
- 종 류 : 25,000 lbs Type[현수형],



<그림 1> 자기애자 시험시료

2.1.2. 송전용 폴리머애자(Polymer Insulator) 시험시료

- 종 류 : SR25 Type[현수형],



<그림 2> 폴리머애자 시험시료 [SR25 Type]

2.2. 산불 모의시험 준비

산불 모의시험은 송전 시험선로에 상전압 90kV를 인가하여 모의산불의 화염 온도를 측정하고 그때의 누설전류 특성이 어떤 특성 변화가 있는지 분석하기 위한 시험이다.

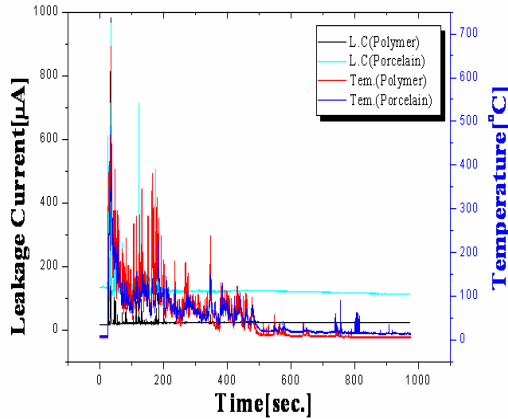


(a) 시험장 전경 (b) 애자의 취부

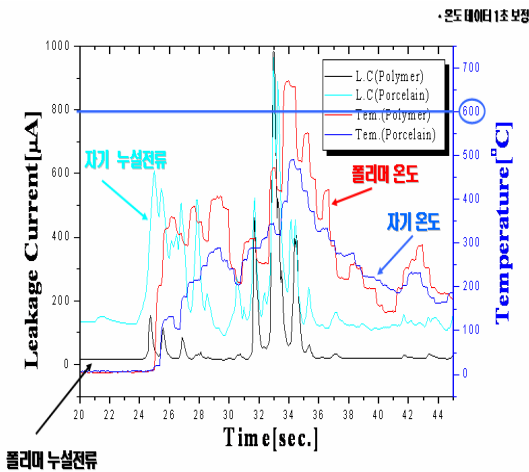
<그림 3> 고창 산불모의 시험장 전경

그림 3은 모의산불 시험을 위한 고장 산불시험장 전경이다. 그림 (a)에서 최저압의 높이는 10m, 폴리머애자의 길이가 약 2m이며, 구조물은 가로, 세로 2m × 2m로 높이는 5m이다. 따라서, 목재와 애자와는 3m의 이격거리가 있다. 또한, 그림 (b)에서 온도 센서는 송전선에 가까이 설치하면 90kV의 전압 때문에 섬락이 발생함으로 접지쪽(철탑 압)부분에 취부하였다. 그리고 누설전류를 측정할 수 있는 리드선은 온도센서 바로 전(전원측) 폴리머애자의 로드부와 자기애자의 캡부분에 설치하였다.

2.3. 고찰



(a) 시험 전체 온도 및 누설전류



(b) 최악의 상태에서 온도 및 누설전류

<그림 4> 산불모의시험의 온도 및 누설전류 특성

그림 4은 90 kV 가압시험의 온도 및 누설전류 특성을 나타낸 그래프로 데이터는 초당 20개씩 취득하였다. (a)는 시험 전체의 온도와 누설전류를 그래프이고, (b)는 최고온도가 측정된 20초에서 40초까지의 부분을 확대한 것이다. 화염 접근 전의 폴리머애자 및 자기애자 누설전류는 각각 20[μA], 140[μA] 정도로 낮았다. 그러나, 폴리머애자의 최고온도 660°C와 자기애자의 최고온도 490°C일 때 누설전류는 모두 약 1[mA]까지 상승하였다. 그리고 폴리머애자의 경우 400°C 이상이 온도에서 누설전류가 급격하게 증가하였지만, 400°C 이하의 온도에서는 누설전류에 큰 영향을 주지 않았다. 결과적으로, 고온에서 폴리머애자의 누설전류가 증가한 이유는 고온의 온도가 폴리머애자의 갓을 변형시켜 누설거리가 감소하여 누설전류가 급격히 증가한 것으로 판단된다. 그러나 고온의 화염이 지난 후에 누설전류는 다시 시험전의 누설전류와 같은 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

표 1은 고장 전력시험센터의 시험선로에서 실시한 가압 산불모의 시험 후 전기연구원에 의뢰하여 받은 시험성적서를 정리한 것이다. 가압 시험한 폴리머애자는 뇌충격섬락시험, 상용주파건조섬락시험, 인장과괴하중시험 모두 기준치 이상 이었으며 자기애자도 모두 양호한 특성을 보였다.

<표 1> 산불 모의시험 전기적, 기계적 시험 결과

구 분		폴리머애자 (SR25N)		자기애자 (25,000lbs)	
		기준	측정값	기준	측정값
뇌충격 건조섬락전압 [kV]	정극성(+)	+ 830	+ 880.6	+ 115	+ 127.9
	부극성(-)	-830	-963	-119.6	-121.3
상용주파건조섬락전압[kV]		450	525	76	86.8
인장과괴하중 시험[ton]		18.5	28.1	12.5	15.7
양부판정		양/부	양	양/부	양

3. 결론

(1) 산불에 따른 폴리머애자와 자기애자의 특성을 상호 비교하기 위하여 가압시험을 통한 온도 및 누설전류를 측정 및 분석하였다.

(2) 산불모의 시험을 통해 온도 및 누설전류 특성을 분석한 결과 화염의 접근 전에는 폴리머애자, 자기애자는 각각 20~30 μA, 140 μA 정도로 낮았으나, 600°C 이상의 화염에 노출된 시점에서는 폴리머애자와 자기애자 모두 약 1 mA까지 상승하였다.

(3) 실제 송전 선로에서 산불 시험을 수행한 결과, 폴리머애자와 자기애자 모두 성능에 큰 영향을 미치지 않았다. 산불 조사와 모의시험 결과를 종합하면, 실제 산불은 600°C 주변(부근)의 불꽃 온도에서 1분 이내로 애자를 스치고 지나갈 것으로 판단되며, 이러한 조건에서는 폴리머애자의 성능에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 평가되었다.

(4) 사용 초기인 폴리머애자의 산불에 대한 특성을 이미 수십 년 간의 사용 실적이 있는 자기애자와 비교하면, 자기애자가 보다 높은 특성을 가지고 있으나 154kV 송전선로 사용시는 문제가 없을 것으로 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] 이시영, "대형 산불 확대요인 분석", 월간임업정보, 135호, pp. 33-35, 2002.
- [2] 임업연구원 홈페이지
- [3] ESCOM 보고서, unpublished.
- [4] 최인혁, "송전용 애자 기술", KEPRI JOURNAL(겨울호), pp. 34-44, (2003).
- [5] 오정수, 이명보, 김명수, 이시영, "외국의 산불예방과 진화", 임업연구원, (2002).
- [6] Toru Nakura, "Experience of Arrester Application to Over-head Transmission Lines", Proc. of International Symposium on modern Insulator Technologies, Florida, (1997).
- [7] 이시영, "산불발생 위험도 및 연소확대 요인 분석에 관한 연구", 동국대학교대학원 박사학위논문, (1995).
- [8] S. Y. Lee, "Forest fire characteristics in Kosong", 1998 Proc. of IUFRO Inter-Divisional Seoul Conf., pp. 45-52.
- [9] C. H. Lee, S. U. Kim, "Flaming Phenomenon on the Surface of Electric Insulation Materials", Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry Journal, Vol.1, No.2, pp.718-751, 1997.
- [10] I. H. Choi, J. H. Choi and D. I. Lee, "An analysis on forest fire on the characteristics of transmission polymer insulator", in Proc. ISH2005, pp. 232.
- [11] R. S. Gorur, E. A. Cherney and R. Hackam, Electrical Performance of Polymer Insulating materials in Salt-fog, IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 2, No. 2, pp. 486-492, 1987.
- [12] D. I. Lee, C. H. Choi, Y. H. Jung, J. H. Choi, "Reliability assessment of forest fire on EHV polymer insulator", KEPRI, Tech. Rep. TR-C2005.267, 2005.