

## 송전용 애자의 산불영향에 따른 특성 연구

(A study of the Forest Fire Influence on the Insulator Characteristics for T/L)

최인혁\* · 최장현 · 이동일 · 정용운 · 유근양

(In-Hyuk Choi · Jang-Hyun Choi · Dong-Il Lee · Yong-Woon Chung · Kun-Yang Yu)

### 요 약

In order to understand the effect of the mountain fire on the polymeric insulator for transmission lines, the author observed the deformation of the sheds of the polymeric insulators and the change of the discs of the porcelain insulators under fire, and investigated the electrical and mechanical characteristics of the insulators after the ignition test. As the result, the following conclusions were obtained. First, the porcelain insulator was degraded in electrical characteristics when the insulator was subjected to the fire for approximately 5 minutes; whereas, the polymeric insulator was not degraded though there were some damage on its sheds. Second, after 20 minutes exposure to the fire, the polymeric insulator lost a lot of parts of sheds, but the electrical characteristics was lowered by around 20[%], but the porcelain insulators were electrically degraded by more than 80[%].

### Abstract

본 논문에서는 산불이 송전용 폴리머애자에 미치는 영향을 연구하기 위해 인공화염 시험장치를 제작하여 화염의 가열 시간에 따른 폴리머애자의 갓(shed) 변화와 자기애자의 disc 변화를 관찰하고, 전기적·기계적 실험을 통하여 특성변화를 확인하였다. 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 화염의 가열시간이 5분정도 경과하였을 때, 자기애자의 전기적 특성은 80[%] 정도 저하된 반면에 폴리머애자의 경우 갓 유실이 있었지만 전기적 특성의 변화는 10[%] 정도였다. 폴리머애자를 20분 가열하였을 때는 대부분의 갓이 유실되었지만 전기적 특성치는 20[%] 정도 감소하였다. 둘째, 폴리머애자와 자기애자 모두 전기적 특성치의 감소는 있었지만 기계적 특성치는 양호하게 나타났다.

Key Words : Forest fire, Transmission lines, Polymer insulator, Artificial fire test

## 1. 서 론

우리나라에서 발생하는 산불의 특징을 살펴보면 크게 세 가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째, 자연환경적인 요인으로 산림을 구성하는 수목 가운데 불에 타기 쉬운 침엽수가 42[%]를 차지하고 있고, 지표면

\* 주저자 : 한전 전력연구원 선임연구원  
Tel : 042-865-5851, Fax : 042-865-5844  
E-mail : idhyuk@kepri.re.kr  
접수일자 : 2005년 1월 6일  
1차심사 : 2005년 1월 10일  
심사완료 : 2005년 1월 19일

에 가연성 낙엽이 많이 쌓여 있어 산불의 확산속도가 빠르다. 둘째는 지형적인 요인으로 야산의 밀집과 굴곡이 심하여 산불의 진행속도를 빠르게 하며, 세 번째인 기후 조건 역시 대륙기후의 영향으로 산불발생의 위험도가 높다[1]. 그러나 우리나라의 산불발생의 원인은 위에서 언급한 자연발생적인 요인보다는 사람들의 부주의와 과실에 의해 발생하는 경우가 대부분이다[2]. 이러한 환경적·인위적인 여건에서 산불이 발생하여 송전선로의 운영에 장애를 입힌다면, 산업전반에 걸쳐 발생하는 파급효과는 엄청날 것이다. 또한 송전선로에서 사용되고 있는 폴리머애자의 사용기간이 자기애자의 사용 기간에 비해 상대적으로 기간이 짧아 산불 발생에 대한 폴리머애자의 안정성 우려가 일부 있는 것이 사실이다.

폴리머애자에 대한 연구는 많이 진행되어 하우징의 재료에 대한 연구, 절연특성의 향상에 대한 연구, 외피재 열화현상 및 금구의 분리 등에 대한 재료처방기술 및 접속기술의 향상에 대한 연구 등으로 신뢰성이 입증되고 있고, 송배전 선로에서의 수요도 점점 증가하고 있는 추세이다[3~4]. 이렇듯 많은 연구가 진행되었지만 산불과 같은 화재의 영향에 따른 폴리머애자에 관한 연구는 국내외 전반에 걸쳐 거의 없는 상태이다.

따라서 본 논문에서는 산불 발생시 불꽃 및 주위의 온도가 폴리머애자와 자기애자에 미치는 영향을 알아보기 위하여 모의실험 화염장치를 제작하여, 모의 산불 화염에 의해 애자 표면의 하우징 변화와 전기적 특성인 건조섬락시험, 뇌충격섬락시험과 기계적 특성인 과전파괴하중시험을 통해 산불이 송전용 애자에 어떤 특성 변화를 보이는지 관찰 하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 실험장치

실제 산불의 불꽃 현상 등은 너무나 다양해서 동일한 조건으로 재현하기는 어렵고, 그림 1에서와 같이 산불이 발생하였을 때의 온도분포는 최고 1,000[°C]이상까지 상승하고 외부의 연기에 의한 온도도 약 700[°C]까지 상승한다는 것을 알 수 있다[2].

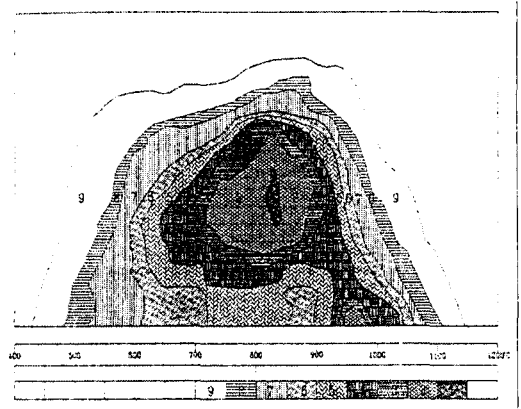
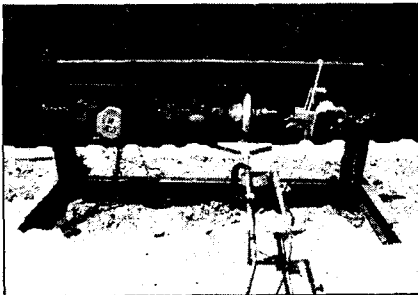


그림 1. 산불 발생 주변의 온도분포 현상  
Fig. 1. Geometry of fire intensity at the burning site

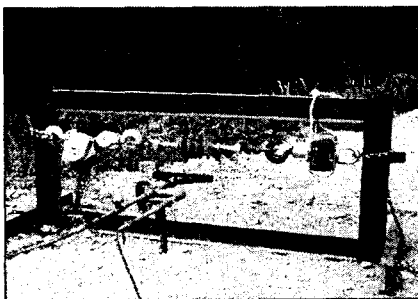
시료는 폴리머애자의 경우 신품, 5분 및 20분 가열 시간에 따라 각각 3개씩의 시료를 준비하였다. 자기애자의 경우는 신품과 5분 가열시험을 위한 시료로 각각 3개씩 사용되었다. 산불의 영향이 송전용 폴리머애자에 미치는 특성을 연구하기 위하여 시험에 사용된 시료는 현재 현장에서 실제로 사용되고 있는 154[kV] 송전선로용으로 규정인장하중이 12,500[kgf]인 자기애자와 폴리머애자를 사용하였다. 자기애자는 송전용 154[kV]급 애자를 시중에서 구입하여 사용하였다. 실제 크기의 애자들을 실험장치에 편리하게 장착하고 용이한 해석을 하기위해 자기 애자는 1개를 사용하였으며, 폴리머 애자는 584[mm]의 연결길이를 갖도록 제작하였다. 실험에 사용된 폴리머애자는 154[kV]선로에 사용되는 폴리머 애자의 양 끝단 금구 및 폴리머 하우징과 동일한 형상을 갖도록 제작하면서 실제 애자의 약 1/3 정도 크기로 축소한 크기이다. 폴리머애자의 내부 코어는 유리섬유강화플라스틱을 사용하였고, 하우징은 실리콘 재질을 사용하였다.

산불의 불꽃과 유사한 조건을 만들기 위하여 그림 2에서와 같은 실험장치를 제작하여 애자들을 장착하였다. 그림 2의 (a)와 (b)에서와 같이 고정 프레임의 양단에 일정한 힘으로 애자를 지지해주기 위하여 5[ton]의 인장력을 가지는 로드셀 장치와 0~1000[°C]까지 온도 측정이 가능한 온도측정 장치를 장착하였다. 가열장치로는 프로판 가스와 공기를 이용한 난연 시험기를 그림 2에서 보는 바와 같이 설치하였다.

## 2.2 실험방법



(a) 자기애자(Porcelain insulator)



(b) 폴리머애자(Polymer insulator)

그림 2. 인공화염 실험장치  
Fig. 2. Artificial fire equipment

일반적으로 산불 발생시 연기의 온도는  $600[^\circ\text{C}]$ , 화염 중심부 최대온도는  $1200[^\circ\text{C}]$  정도까지 올라간다[1]. 하지만, 철탑의 높이와 전선이도 등을 고려하면 전선의 높이가 애자의 높이보다 낮음을 알 수 있다[5]. 따라서 송전선로에 사용되는 감심알루미늄 전선의 외부를 감싸고 있는 알루미늄 선의 녹는점을 대략  $660[^\circ\text{C}]$ 로 고려하여[6], 실험에서는 애자의 가열온도를  $750[^\circ\text{C}]$  설정하였고, 실제 온도의 변화는 대략  $600\sim 900[^\circ\text{C}]$  사이의 온도가 측정되었다. 또한 불꽃의 폭은  $350[\text{mm}]$ , 길이는  $500[\text{mm}]$ 로 조정하였다. 폴리머애자의 규정인장하중(Specified Mechanical Load, SML)은 제조자가 보증하는 최대 인장하중으로서 실제 사용 환경에서 애자에 인가되는 하중보다 훨씬 큰 하중이다. 일반적으로 선로에서 애자에 인가되는 하중은 SML의 20~30%라고 알려져 있다. 본 연구에서는 인공화염 실험 중 폴리머애자 국제규격인 IEC 61109에 일상기계적하중(Ordinary Mechanical Load, OML)으로 인정된 하중을 인가하

며 실험하였다[7]. 이 OML은 SML의 33%라고 규정되어 있으며, 이에 따라 SML( $12.5[\text{ton}]$ )의 33%인  $4.1[\text{ton}]$ 의 하중을 인가하면서 실험하였다.

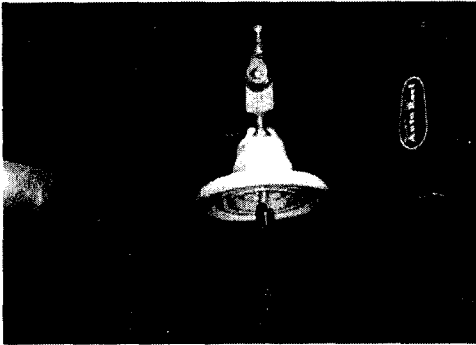
일반적으로 산불의 이동속도는  $4\sim 7[\text{km/h}]$ 이고 바람의 영향을 감안하면 대략  $10[\text{km/h}]$ 이다[2]. 산불이 애자에 미치는 면적을 반경  $100[\text{m}]$ 라 가정하고 산불의 최저 이동속도인  $4[\text{km/h}]$ 를 계산하면 애자의 피해 시간은 직경  $200[\text{m}]$  안에서 약 3분이 된다. 하지만 실험에서는 실제 조건보다 가혹한 조건으로 가열시간을 5분과 20분으로 설정하여 실험하였다.

가열시간의 경과에 따라 자기애자의 디스크 변화와 폴리머애자의 하우징 변화를 관찰하였고, 실험이 진행됨에 따라 디스크와 하우징의 변화에 따른 각 단계별 시료를 채취하여 상용주파 건조섬락전압시험, 충격섬락전압의 전기적 시험과 규정인장하중시험을 통한 기계적 시험으로 자기애자와 폴리머애자의 전기적, 기계적 특성을 파악하였다. 건조섬락전압시험 후 같은 시료에 대해 뇌충격 섬락전압시험을 3회 반복하여 그 결과치의 평균값을 측정하였으며, 전기적 실험이 끝난 시료를 이용하여 기계적 실험을 수행하였다. 실험은 예비실험을 거친 후 각 단계별로 3[ea]의 시료를 사용하여 그 평균값을 측정하였다.

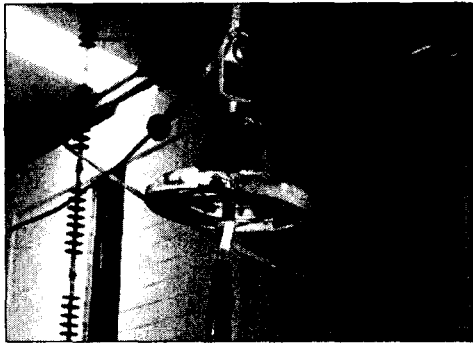
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 하우징의 변화

그림 3에 신품의 자기애자 (a)와 가열시간이 5분 경과한 후의 디스크 변화가 발생한 자기애자 (b), (c)를 나타내었다. 그림 3의 (b), (c)에서 보는바와 같이 가열시간이 5분 경과 후의 디스크 변화를 보면, 디스크 부분이 정상인 (b)의 경우와 파손되는 경우 (c)의 두 가지 양상이 발생하였다. 디스크 부분이 파손되는 경우는 자기애자의 디스크 부분이 급격한 열을 받으면서 디스크 내부에 충전 되어있는 시멘트와 금구 사이의 선펡창계수의 차이로 인하여 균열이 발생하였고, 바람의 영향에 의한 온도의 변화로 열적피로가 누적되어 균열의 성장이 빨라졌을 것으로 생각된다. 디스크 형상의 변화가 있었지만 인공화염 모의실험이 진행되고 끝마칠 때까지 자기애자의 금구와 디스크가 분리되는 기계적 분리는 나타나지 않았다.



(a) 신품(virgin)



(b) 5분경과(정상상태)  
(5 minutes elapsed, normal condition)

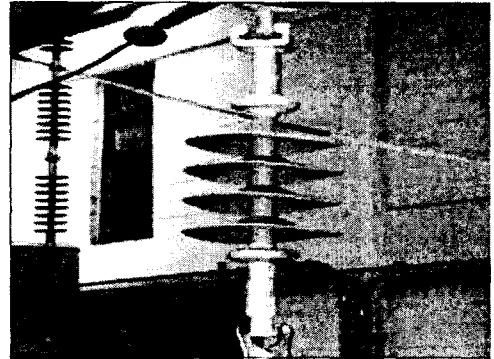


(c) 5분경과(파손상태)  
(5 minutes elapsed, breakage disc)

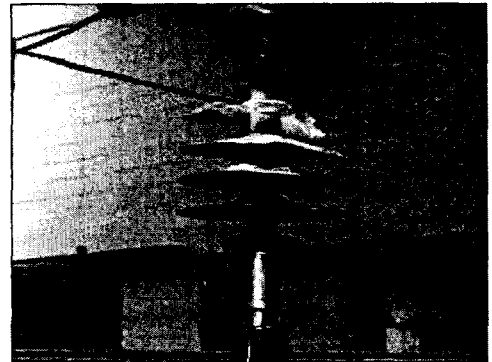
그림 3. 자기애자 디스크의 형상변화  
Fig. 3. Disc deformation of porcelain insulator

그림 4에는 가열시간의 경과에 따른 폴리머애자의 하우징 변화를 나타내었다. 폴리머애자의 경우, 5분이 지나면서 갓(shed) 부분이 유실되기 시작하였고 20분 정도 경과하면서 갓의 대부분이 손실되었으며 대략 50분 정도의 시간이 경과하면서 시스(sheath) 부분이 유실되는 것을 알 수 있었다. 폴리

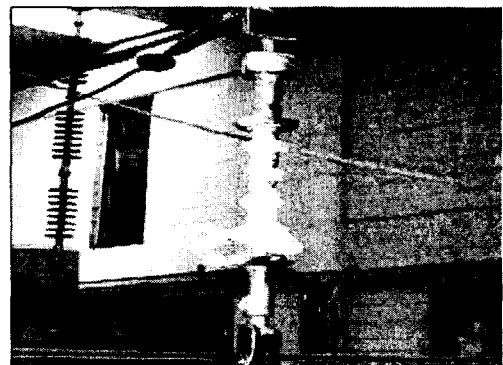
머재료가 열에 취약할 것이라는 우려와는 달리 난연성 재질임을 확인하였다. 자기애자의 경우와 마찬가지로 인공화염 모의실험을 끝마칠 때까지 금구와 FRP 로드의 분리나 FRP 로드가 부러지는 등의 기계적 분리는 나타나지 않았다.



(a) 신품(virgin)



(b) 5분경과(5 minutes elapsed)



(c) 10분경과(10 minutes elapsed)

그림 4. 폴리머애자 하우징의 변화  
Fig. 4. Housing deformation of polymer insulator

### 3.2 전기적 특성의 변화

#### 3.2.1 상용주파 건조섬락전압 시험

폴리머 애자 시료에 대한 상용주파 건조섬락시험 측정값을 표 1에 나타냈고, 자기애자의 상용주파 건조섬락시험 결과를 표 2에 나타내었다. 상용주파 건조섬락전압이란 공기 중에서 깨끗하게 건조된 시험품의 두 전극 간에 상용주파전압을 가하여 섬락이 나타날 때의 전압의 실효치를 말하는 것으로[8], 시험은 초기전압에 해당되는 평균 예상 섬락전압치의 75[%]까지는 전압을 빨리 상승시키고 계속하여 5초 이상 30초 이내에 섬락치에 도달하도록 전압을 상승시키는 시험이다[9].

표 1. 폴리머애자의 건조섬락전압시험 결과치(단위: kV)  
Table 1. The results of low-frequency dry flashover voltage test for polymer insulator

구분	신품			5분 연소			20분 연소		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
시료수									
결과치	131	131	129	118	118	116	89	88	88
	129	126	127	117	114	115	95	95	101
	126	128	128	113	115	120	100	100	91
평균값	128.3			116.2			94		

표 2. 자기애자의 건조섬락전압시험 결과치(단위: kV)  
Table 2. The results of low-frequency dry flashover voltage test for porcelain insulator

구분	신품			5분 연소		
	#1	#2	#3	#1 (디스크 양호)	#2 (디스크 파손)	#3 (디스크 파손)
시료수						
결과치	85	88	86	16	9	13
	87	90	93	17	9	12
	89	83	85	16	10	7
평균값	87			16.3	10	

표 1에서 보는바와 같이 폴리머애자는 가열 후 상용주파 건조섬락전압의 측정값이 신품의 측정값을 기준으로 5분 가열 후에는 약 10[%]의 감소를, 20분 가열 후에는 약 30[%] 정도의 감소를 보이고 있다. 이는 화염의 영향으로 갓과 시스의 손실이 발생하여 섬락거리의 감소를 유발시켜 상용주파 건조섬락전압 측정값이 감소하였다고 생각된다. 비록, 갓과 시

스의 손실로 섬락거리가 줄었지만 화염의 영향이 연결구 부위의 절연과피에까지는 미치지 못하였으므로, 폴리머애자의 전기적인 특성값은 유지하고 있음을 보여준다. 반면에 표 2에서 자기애자의 경우는 가열 후 디스크 부분이 손상을 입은 경우나 정상적인 경우의 두 가지 모두 상용주파 건조섬락전압 측정값의 급격한 감소를 보이고 있다. 이는 외관이 정상으로 보일지라도 내부 크랙으로 인해 섬락거리가 붕괴되어 나타난 현상으로 사료된다.

#### 3.2.2 뇌충격 섬락전압시험

폴리머 애자의 뇌충격 섬락전압시험 측정값을 표 3에 나타내었고, 표 4는 자기애자의 뇌충격 섬락시험 결과를 나타내었다. 뇌충격 섬락전압이란 깨끗하게 건조된 시험품의 두 전극간에 일정치의 뇌충격 전압을 가하여 섬락을 나타낼 때의 전압치의 파고치를 말하는 것으로, 뇌충격 섬락전압시험에 사용되는 표준파형은  $1.2 \times 50[\mu s]$ 로 정극성과 부극성의 전파전압이 있다[8]. 폴리머애자나 자기애자 모두 상용주파 건조섬락전압시험의 결과와 유사하게 섬락거리의 감소로 측정값이 감소하는 것을 알 수 있다. 즉, 충격 섬락전압시험의 전기적 특성도 섬락거리의 감소로 인해 측정값이 감소되는 것을 알 수 있다.

표 3. 폴리머애자 충격섬락전압시험 결과치  
(a) 정극성, (b) 부극성 (단위: kV)

Table 3. The results of impulse flashover voltage test for polymer insulator  
(a) positive, (b) negative

(a) Positive

구분	신품			5분 연소			20분 연소		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
시료수									
결과치	228	234	233	209	209	212	152	149	153
	231	231	228	212	209	210	154	148	152
	230	229	232	211	208	213	151	150	150
평균값	230.7			211.3			151		

(b) Negative

구분	신품			5분 연소			20분 연소		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
시료수									
결과치	280	287	285	274	278	275	200	206	207
	284	286	283	276	275	277	203	204	206
	283	283	285	277	272	274	201	203	206
평균값	284			275.3			204		

표 4. 자기애자 충격섬락전압시험 결과치  
(a) 정극성, (b) 부극성 [단위:KV]  
Table 4. The results of impulse flashover voltage test for porcelain insulator  
(a) positive, (b) negative

(a) Positive

구분	신품			5분 연소		
	#1	#2	#3	#1 (디스크 양호)	#2 (디스크 파손)	#3 (디스크 파손)
시료수						
결과치	147	148	146	62	38	35
	146	145	144	62	36	39
	147	146	145	63	35	34
평균값	146.1			62.3	36.1	

(b) Negative

구분	신품			5분 연소		
	#1	#2	#3	#1 (디스크 양호)	#2 (디스크 파손)	#3 (디스크 파손)
시료수						
결과치	140	138	142	28	46	40
	139	137	139	29	44	37
	141	140	137	29	43	39
평균값	139.2			28.3	41.5	

### 3.3 기계적 특성의 변화

인공화염 모의시험을 실시하면서 시간의 경과에 따라 시료를 준비하여 인장파괴 하중시험을 실시하였다. 파괴하중이란 시험품에 기계적 하중을 가하였을 경우 전기적 파괴에 관계없이 시험품의 어느 부분이 기계적으로 파괴될 때의 하중을 말하는 것으로 [8], 실험 후 결과 값을 표 5에 나타내었다.

표 5. 규정인장 파괴하중 시험결과 [단위:kgf]  
Table 5. The results of tensile load test

구분	자기애자		폴리머애자		
	신품	5분 가열	신품	5분 가열	20분 가열
시험값	14,200	12,745	13,100	12,755	12,585
	14,300	11,635	12,900	13,015	12,610
	14,300	12,715	12,865	12,931	12,640
평균값	14,280	12,365	12,955	12,885	12,585

※ [fail]을 제외한 모든 항목은 [pass]임.

송전급 애자(25,000[lbs])의 경우 한전에서 규정하는 규정인장하중의 기준값은 12,500[kgf]로 표에서 보는 바와 같이 폴리머애자의 경우는 모두 기준값을 만족하였다. 폴리머애자의 경우 일반적으로 기계적 강도는 FRP 로드의 두께 및 FRP 로드와 연결금구의 압착강도에 의해서 결정된다. 비록 화염에 의해 FRP 로드의 외부를 감싸고 있는 잣과 시스의 손실이 발생하였지만, FRP 로드 및 FRP 로드와 연결금구에 까지 미치는 영향은 적은 것을 알 수 있었다. 반면에 자기애자의 경우는 디스크가 양호한 제품은 기준값을 만족하였으나 디스크가 파손된 경우는 기준값에 약간 못 미치게 나타났다. 이는 자기애자의 기계적 특성을 좌우하는 금구와 시멘트 부분의 열팽창계수가 서로 상이하여 발생된 것으로 생각된다.

### 3. 결 론

실제 산불과 같은 화재시 송전용 애자가 화염의 높은 온도의 영향에 대하여 전기적, 기계적 특성을 얼마만큼 유지하는 관찰하기 위해 인공모의 시험장치를 이용하여 화염의 온도를 750[°C] 정도로 설정하여 실제 사용되는 자기애자와 폴리머애자를 대상으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저 송전용 애자의 산불에 의한 내구성을 확인하기 위하여 실 선로에서 사용된 경년품 자기애자와 비교실험을 한 결과, 자기애자와 폴리머애자 모두 연결금구가 파손되어 분리되는 현상은 발생하지 않았다. 모의인공 화염시험 장치를 통해 자기애자는 5분 가열 후 전기적 특성인 건조섬락전압은 약 81[%] 감소했고, 충격섬락전압은 약 +57[%], -80[%] 감소했다. 반면 폴리머애자는 건조섬락전압은 10[%] 감소했고, 충격섬락전압은 +8[%], -3[%] 감소했다. 또한 폴리머 애자 경우 20분 가열 후의 건조섬락전압은 +34[%], -28[%] 감소했다. 한편, 기계적 특성인 인장파괴하중 시험은 자기애자는 약 10[%] 감소했으며, 폴리머 애자는 약 1[%] 정도의 감소를 보여 산불의 영향으로 기계적 특성 저하는 없는 것으로 판단할 수 있다. 이처럼 가열시험 후 자기애자의 전기적 특성의 저하가 폴리머애자보다 크게 나타난 것은, 고열의 영향으로 기계적 강도에 영향을 미치지 않은

## 송전용 애자의 산불영향에 따른 특성 연구

범위 내에서 금구와 자기재의 열팽창계수의 차이로 인한 계면 탈리 현상으로 판단되었다.

결과적으로, 가열온도나 가열시간 등의 실험조건을 실제 산불 발생시의 조건보다도 더 가혹하게 적용되었음에도 불구하고 폴리머애자의 기계적 분리나 전기적인 특성치의 변화는 거의 일어나지 않았다. 이로서 산불과 같은 화재의 영향에도 송전용 폴리머 애자의 안정성에 대한 우려를 어느 정도 제거시킬 수 있었다.

향후 산불과 같은 화재를 정확하게 모의할 수 있는 실험장비를 제작하여 좀더 심도 있는 실험으로 송전용 애자의 신뢰성 향상 연구를 계속 진행할 예정이다.

## References

- [1] 이시영, "대형산불 확대요인 분석", 월간임업정보, 135호, pp. 33~35, 2002.
- [2] 이시영, "산불발생 위험도 및 연소확대 요인 분석에 관한 연구" 동국대학교 대학원 박사학위논문, pp. 1~12, 1995.
- [3] 이철호, 김상욱, "전기절연재료 표면의 열화현상", 공업화학회, Vol.1, No.2, pp. 718~721, 1997.
- [4] R. S. Gorur, E. A. Chemev and R. Hackam, "Electrical Performance of Polymeric Insulating materials in Salt-fog", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 2, No. 2, pp. 486~492, 1987.
- [5] 설계기준-1211, "가공송전선 이도 설계기준", 한국전력공사, 2003.
- [6] 김기범, 김영준, 김주현 외 4인, "현대제조공학", 대웅, p. 286, 2003.
- [7] IEC 61109, "Composite insulators for A.C. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000V - Definitions, test methods and acceptance criteria", 1995.
- [8] ES 131, "애자시험방법", 한국전력공사, 2003.
- [9] ANSI C29.1, "Electrical Power Insulators-Test Methods", 1992.

## ◇ 저자소개 ◇

### 최인혁 (崔仁赫)

1963년 4월 13일생. 1986년 성균관대학교 전기공학과 졸업(학사). 1989년 동 대학원 동학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 동학과 졸업(박사). 현재 한전 전력연구원 선임연구원.

### 최장연 (崔長炫)

1975년 11월 10일생. 2001년 서남대학교 전기전자공학과 졸업. 2003년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 연구원.

### 이동일 (李東一)

1958년 3월 15일생. 1979년 단국대 전기공학과 졸업. 1983년 인하대 전기공학 재료분야 졸업(석사). 1996년 한양대 전기공학 고전압분야 졸업(박사). 현재 한전 전력연구원 책임연구원.

### 정용운 (鄭龍雲)

1971년 8월 4일생. 1998년 국민대 기계기설학과군 졸업. 2000년 국민대 자동차공학전문대학원 설계 및 생산정보기술전공 졸업(석사). 2003년 동 대학원 설계 및 생산정보기술전공 수료(박사). 2004년~현재 (주)평일 기술연구소 연구원.

### 유근양 (柳根洋)

1955년 6월 13일생. 1984년 숭실대 공업교육학과(전기공학) 졸업. 1991~1995년 계룡산업(주) 기술연구소 연구소장 역임. 2004년~현재 (주)평일 기술연구소 연구소장.