

## EPDM 및 실리콘 재질의 폴리머현수애자의 특성 비교

이병성, 이재봉, 송일근, 한상옥\*  
한전전력연구원, 충남대학교\*

### The Comparison of EPDM and Silicone in Housing Materials of Polymeric Suspension Insulators

Byung-Sung Lee, Jae-Bong Lee, Il-Keun Song and Sang-Ok Han\*  
KEPRI KEPCO, Chungnam Nat'l Univ.\*

#### Abstract

In our country, the housing materials of polymeric outdoor insulators have mainly been used EPDM or silicone rubber. EPDM housing materials had been widely used in the field for the first time. The reason why silicone has the high cost of production. But recently, most of the manufacturers that newly developed polymeric insulators make its choice of silicone housing. EPDM showed a good resistance to tracking. We compared the various characteristics for EPDM and silicone insulators that have similar type and design. Silicone insulators have more performance in flashover voltage test and leakage current measurement because of a good water repellent than EPDM ones. Also, the property of EPDM compared with silicone insulators greatly decreased after aging test in combined acceleration ageing facilities for 1000 hours.

**Key Words** : Polymeric insulator, Ageing test, EPDM, Silicone, Leakage current

#### 1. 서론

배전급 폴리머현수애자는 약 10년 전에 국내에 최초로 도입되어 현재는 배전선로의 절연물로 상당한 부분을 차지하고 있으며, 사용량이 점차 증가하고 있는 추세이다. 폴리머애자 장기 성능을 결정짓는 것은 금구 및 계면의 접합상태, 하우징 재질의 장기신뢰성 등이다.

조사 통계에 의하면 폴리머애자 하우징 재질은 도입 초기에는 주로 EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer)이 많이 사용되었으나, 최근에는 실리콘(Silicone) 재질의 하우징을 사용한 폴리머현수애자가 많이 사용되고 있다. 전력회사 입장에서는 장기신뢰성 및 경제성 측면에서 폴리머애자의 재질을 선택하여 사용하는 것을 원하고 있다.

육외에서 사용 환경조건에 따라 EPDM과 실리콘은 분명한 특성 차이를 보이고 있다. 예를 들면 표

면에 오손물이 부착되었을 경우 표면 발수성 회복 특성에서 차이를 보이고 있다. 따라서 국내에서 생산되어 사용되고 있는 EPDM과 실리콘 재질의 폴리머현수애자의 성능비교를 통해 효율적인 운용을 할 필요가 있다.

본 연구에서는 유사한 디자인을 갖는 25 kV급 EPDM 및 실리콘 재질의 폴리머현수애자에 대해 전기적 특성 시험과 자외선 열화 시험을 행하여, 특성을 비교하고자 하였다. 또한 현장의 사용경험이 부족하므로 장기적인 특성 비교를 위해 우리나라 기후환경을 모의할 수 있는 복합가속열화 시험용 챔버를 활용하여 시료를 가속열화한 후 두 시료에 대한 전기적 특성을 평가 하였다.

#### 2. 현장사용 현황 조사

##### 2.1 재질별 현장 적용 실태

옥외용 폴리머애자 운용 사례에 대해 한국전력 공사가 공동연구기관으로 참여한 CIS (Composit Insulator Status) 프로그램의 결과보고서에 따르면 10여 년 전에는 주로 EPDM 재질의 폴리머애자가 많이 사용되었으나, 최근에는 실리콘 재질의 애자의 사용량이 증가되고 있다.<sup>1)</sup> 그림 1은 조사를 위해 발취한 시료를 현장 사용 년 수 별로 구분한 통계이다.

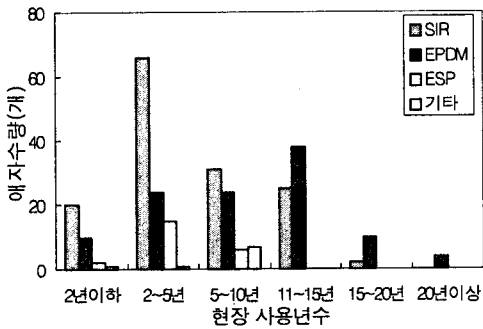


그림 1. 현장 사용 년 수 별 애자수량 조사

그림 2는 오손등급별 폴리머애자 사용현황을 나타낸 것이다. IEC 60587에서 제시하는 오손정도 level I (= light), level II (= medium) 지역에서는 EPDM과 실리콘 재질의 애자가 거의 동일한 수량으로 사용되고 있으나, 심한 오손지역인 level III (= heavy), level IV (= very heavy) 지역에서는 실리콘 재질의 애자가 2배정도 많이 사용되고 있다.

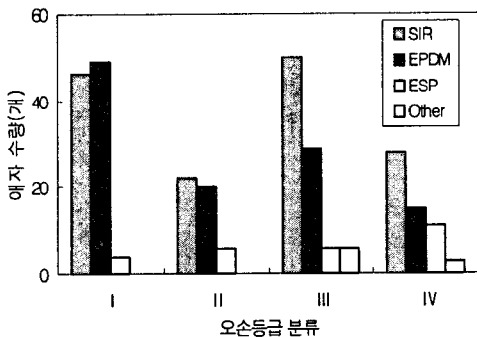


그림 2. 오손등급별 사용 현황

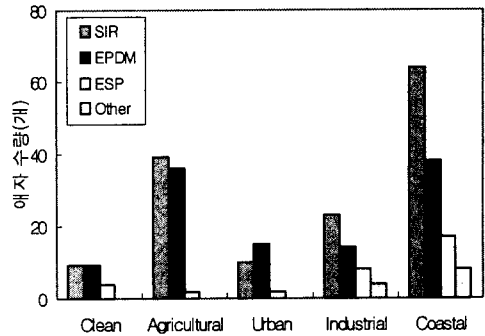


그림 3. 오손지역별 사용현황

오손이 심한 지역에서는 EPDM 보다 표면 발수성이 우수한 실리콘 및 ESP 재질의 애자가 많이 사용되었으며, 청정지역에서는 EPDM과 실리콘이 유사한 비율로 사용되고 있었다.

그림 3은 오손지역별 폴리머애자 하우징 재질의 사용현황을 나타낸 그래프이다. 해안지역이나 공업지역에서는 실리콘 재질의 애자가 절대적으로 많이 사용되고 있었다.

## 2.2 사용 년도에 따른 표면 발수성 분석

표면 발수성은 STRI에서 제시한 폴리머애자의 발수성 측정 방법(hydrophobicity method)에 따라 측정하였다. 프로그램에 참가한 각국의 전력회사에서 시료를 발취하여 측정한 표면발수성 통계에 의하면 현장에서 수 년간 사용한 실리콘 재질 애자의 경우 표면 발수등급은 HC1~HC4 정도이었으며, 사용 년 수에 따라 발수성 저하는 적은 것으로 나타났다.

반면 EPDM 재질의 애자는 신品的 경우 HC1을 나타내는데, 현장의 사용시간 및 지역에 따라서 발수등급이 HC4~HC7로 나타났다. EPDM 재질의 애자는 대체로 사용 년 수가 증가할수록 표면발수특성이 저하되는 경향을 보였다.

## 3. 특성 비교 시험

### 3.1 섬락전압 비교

일반적으로 상용주파 건조섬락전압과 뇌충격섬락전압은 시료의 형상에 관련된 것으로 높은 습도 또는 표면 오손 등과 같은 특별한 환경조건이 형성되지 않는 한 하우징 재질에는 큰 영향을 받지

않는다. 그러나 상용주파 주수섬락전압은 형상에도 영향을 받지만 하우징 재질 및 표면상태에 큰 영향을 받는다. 따라서 폴리머애자의 재질간의 특성 비교 시험으로 상용주파 주수섬락전압을 측정하였다.

시험에 사용된 시료는 25 kV급 폴리머현수애자이다. 상호 비교를 위해 유사한 형상을 갖는 폴리머현수애자를 시료로 선택하였다. 표 1은 섬락전압에 사용된 EPDM 및 실리콘 재질의 폴리머현수애자의 사양을 비교한 것이다.

표 1. 시험 시료의 사양 비교

구분	누설거리 (mm)	아크거리 (mm)	갓 수 (개)	갓간격 (mm)
EPDM	898	383	8	43
실리콘	862	374	8	42

표 2. 상용주파 주수섬락전압 비교

시료번호	하우징 재질 EPDM		하우징 재질 실리콘	
	신품	2년사용	신품	2년사용
#1	137.0 kV (105.4%)	128.0 kV (98.5%)	146.4 kV (112.6%)	146.4 kV (112.6%)
#2	134.2 kV (103.0%)	125.2 kV (96.3%)	145.6 kV (100.5%)	130.6 kV (100.5%)
#3	137.2 kV (105.4%)	129.2 kV (99.4%)	143.8 kV (102.2%)	134.8 kV (102.2%)

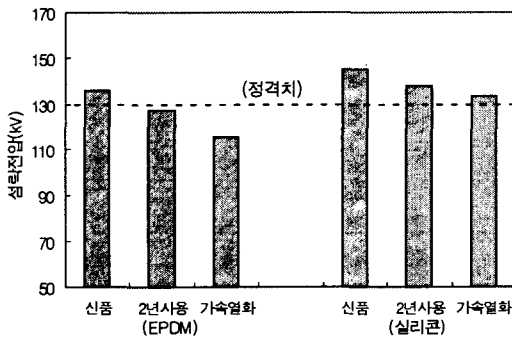


그림 4. 재질에 따른 상용주파 주수섬락전압의 비교

표 2는 신품시료와 2년 동안 염해지역 해안가에 서 사용한 시료에 대한 상용주파 주수섬락전압을

비교한 것이다. 표에서 괄호로 표기한 것은 정격치 (130 kV)에 대한 비율을 나타낸 것이다.

또한, 그림 4는 신품, 2년간 현장사용 시료, 가속 열화 시료에 대해 주수섬락전압을 상호 비교한 것을 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 가속열화 데이터는 표 3과 같은 조건으로 3000시간 복합가속 열화 시험을 한 후 열화된 시료에 대한 상용주파 주수섬락전압을 측정된 결과이다. 상세한 복합가속 열화 시험 방법은 참고문헌 [2]에서 소개한 방법과 같다. 여기서 섬락전압은 3개 시료에 대해 측정된 것을 평균하여 구한 것이다.

표 3. 복합가속열화 시험인자

시험인자	설정치
온도/습도	- 온도 : 15 ~ 50℃ (겨울 4 ~ 15℃) - 습도 : 60 ~ 95%
염무 (salt fog)	- 전도도 : 6,000 μS/cm - 공기압 : 80 psi - 공급량 : 0.4±0.1 l/m <sup>3</sup> ·h
주수 (clean rain)	- 전도도 : 30 μS/cm - 주수량 : 4 mm/min
자외선 (UV-B)	- 시료와의 평균거리 : 50 mm - 자외선 강도 : 1 mW/cm <sup>2</sup>
기계적하중	- 2.4 ton
인가전압	- 13.2 kV (상전압)

EPDM 재질의 현수애자의 경우 열화에 따른 주수섬락전압이 크게 감소하였으며, 3000 시간 동안 복합가속열화시킨 시료의 경우 초기값의 85% 수준으로 저하되었다. 반면에 실리콘 현수애자의 경우는 주수섬락전압의 감소가 적었으며, 3000 시간 복합가속열화 후에도 초기값의 92% 수준으로 감소량이 적었다.

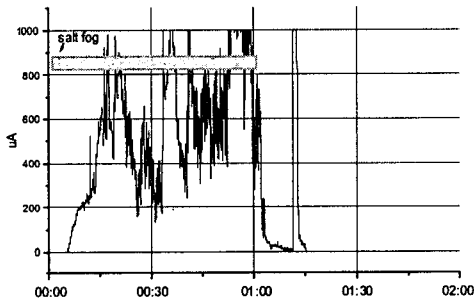
### 3.2 가속열화시 표면 누설전류 비교

폴리머애자 고유의 장점은 표면발수특성이라고 알려져 있다. 폴리머애자가 갖는 초기 특성이 어느 정도 지속되는가에 대한 평가방법의 하나로 표면 누설전류를 측정하는 방법이 있다. 시료의 표면상태가 저하되면 표면 누설전류가 증가하게 된다.

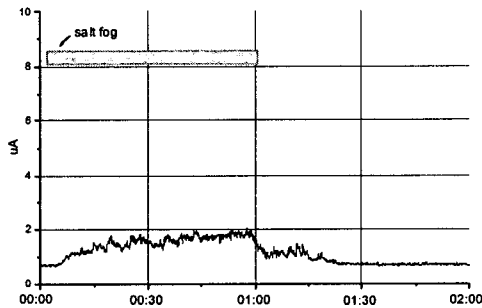
EPDM과 실리콘 재질의 애자를 동일조건인 복합가속 열화 챔버에서 가속 열화시킨 후 표면 누설전류량을 측정하였다. 가속조건은 표 1과 같은

방법을 적용하였으며 가속시간은 1000시간으로 하였다. 복합가속열화 시험 종료직전 겨울주기 1시간 염무(salt fog)시에 표면누설전류를 측정할 것을 그림 5에 나타내었다.

표면오손(ESDD 0.08 mg/cm<sup>2</sup>) 및 열화로 인해 EPDM 시료의 경우는 염무초기에 높은 누설전류값으로 급격히 상승하였다. 실리콘 재질의 시료는 상대적으로 매우 낮은 누설전류값을 보였는데, 이는 비록 표면이 오손되었지만 가속열화 후에도 표면 발수성이 우수하게 유지되었기 때문인 것으로 판단된다.



(a) EPDM 하우징



(b) 실리콘 하우징

그림 5. 가속열화 시료에 대한 염무시 표면 누설전류 비교

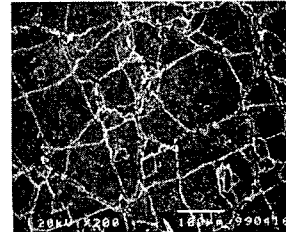
### 3.3 표면 발수성 비교

국내에서 제작한 폴리머현수애자의 경우 신제품은 하우징 재질에 관계없이 모두 HC1~HC2를 나타내었다. EPDM의 경우 2년간 현장에서 사용한 시료는 표면 발수성이 상당히 저하되어 HC4~HC5

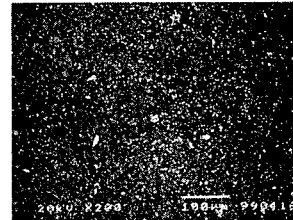
를 나타내었으며, 가속열화 시료는 HC5~HC6으로 저하되었다. 반면에 실리콘 재질의 시료는 현장사용 및 가속열화 후에도 표면 발수성 저하가 적어 대부분의 경우 HC3 이상을 나타내었다.

### 3.4 자외선 열화 특성 비교

폴리머애자 갖의 일부를 발취하여 ASTM G53의 방법으로 60일 동안 표면에 자외선을 조사하였다. 그림 6은 60일 동안 자외선을 조사한 시료 표면 사진을 나타낸 것이다. 시험에서 조사시간에 따라 EPDM 시료는 표면이 갈라짐 등이 현저하게 관찰되었으나, 실리콘의 시료의 경우는 큰 변화가 관찰되지 않았다.



(a) EPDM



(a) 실리콘

그림 6. 자외선 조사(60일)에 따른 표면 상태 비교

## 4. 결론

폴리머애자 하우징에 사용되는 EPDM과 실리콘 재질에 대한 특성을 비교 평가하였다.

국외전력회사에 대한 조사에서 최근에는 실리콘 애자의 사용량이 증가하고 있으며, 특히 오손이 심한 지역일수록 실리콘 재질을 선호하는 것으로 나타났다. 또한 표면 발수성 측정에서 EPDM 재질의 애자는 대체로 사용 년 수에 따라 발수성이 감소하는 특성을 보였으나, 실리콘 재질은 발수성 저하가 적은 것으로 나타났다.

전기적특성 측정에서 상대적으로 표면 발수성이 좋지 않은 EPDM 재질의 애자는 실리콘 재질에 비해 열화에 따른 주수섭락전압의 저하가 컸으며, 표면 누설전류량도 많았다. 또한, 자외선 조사 시험에서 조사시간에 따라 EPDM 재질은 표면 갈라짐 현상이 나타났다.

결과적으로 EPDM 재질의 애자보다 실리콘 재질의 애자가 경년에 따른 열화특성 저하가 적게 나타났다.

### 참고 문헌

- [1] "CIS Annual Report 2000", STRI, 2001
- [2] 한재홍, 이병성, 정종욱, "가속열화시험에 의한 폴리머애자 신뢰성 평가", 한국전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, pp.10~14, 2001
- [3] "배전용 폴리머애자의 신뢰성평가 및 운용기준 제정", 최종보고서, 전력연구원, 2001