

## EPDM 애자의 경제적 교체 주기에 관한 수학적 제안

임장섭

목포해양대학교 해양전자통신공학부

### The Mathematical proposal of Economical Exchange-Cycle in EPDM

Jang-Seob Lim

Division of MEC, Mok-Po National Maritime University,

**Abstract** - In the paper, we evaluated insulation evaluation of EPDM insulator used often in power distribution lines in Korea. The selected samples for our experiment were three EPDM insulators for 22.9[kV] operated for 10 years or less. Using these samples, we observed the discharge pattern through accelerating experimental and analyzed discharge quantity using fractal theory. The validity of our fractal method were discussed and life time, reliability and quantitative analysis of the insulator was conducted through the method.

유리애자의 사용 비율이 6:3:1에 이르고 있다. 최근, 폴리머 애자의 특성과 열화방지 기능간의 상관관계에 대한 조사가 이루어져, 자기 애자를 능가하는 폴리머 애자가 개발되었고, 경비의 절감도 이를 수 있게 되었으며, 폴리머 애자의 신뢰성을 평가하는 새로운 시험법들이 계속적으로 개발되고 있다.

경량애자의 기술개발과 사용량은 증가 추세에 있으며, 표2-1은 폴리머 애자와 자기 애자의 장단점을 비교한 것이다. 표에서 알 수 있는 것처럼 폴리머 애자는 자기 애자에 비교하여 최대 90%까지 중량을 감소시킬 수 있다. 이러한 중량감소는 취급을 용이하게 하였고, 작업 중 파손을 감소시켰으며, 깨짐 사고에 대한 저항성을 증가시켰고, 구매비와 시공비 등의 경비절감을 가능하게 하였다.

#### 1. 서 론

본 연구는 국내에 도입된 배전설비용 애자 중 가장 많이 사용되고 있는 EPDM애자의 절연성을 평가하고자 한 것이다. 평가 대상은 배전용 22.9[kV] EPDM애자 3개 회사의 제품으로, 현장에서 운전되어 열화가 진행 중인 시료를 선택하였다. 절연성의 평가는 모의실험과 표면방전 및 가속실험을 통하여 이루어졌다. 제안된 가속실험은 EPDM 애자의 열화 진행을 예측하고자 한 것이다. 옥외용 설비의 절연성을 평가하는 명확한 이론과 방법은 아직 알려져 있지 않으며, 현재까지는 화학적 접근 및 재료적 평가를 주로 이용하고 있다. 실험을 통하여 관측된 방전형태는 초기 특성과 열화의 정도 및 장기 신뢰성에 관하여 조사되었고, 표면방전의 정량화와 수명예측 등 신뢰성 평가에 프랙탈 이론을 적용하고자 하였다. 프랙탈 이론으로 해석된 방전의 형태를 분석하고, 그 결과를 고찰한 다음, 새로운 해석의 방법으로 프랙탈 이론을 제안하고자 한다.

#### 2. 본 론

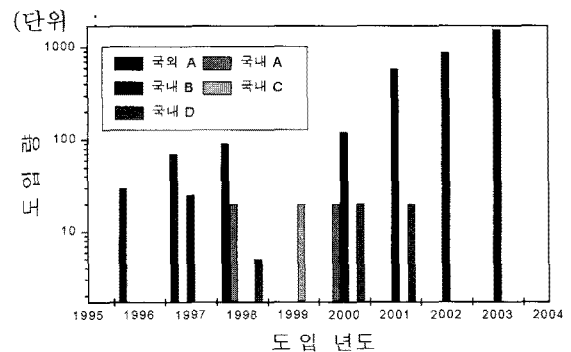
##### 2.1 폴리머 애자의 보급배경

1971년에서 1989년까지는 폴리머 표면에 발수성을 평가하는 기술이 발달하였고, 이에 따른 소재의 특성이 급격히 향상되었으며, 기존 자기애자의 취약점을 보완하는 코팅재료도 개발되었다. 1980년대에는 송전설비의 폴리머 애자 사용이 일반화되어, 미국시장의 20%를 점유하게 되었고, 북미는 폴리머와 세라믹 및

##### 2.2 EPDM 애자의 보급 현황과 배분현황

그림 2-1은 도입 년도에 따른 EPDM 애자의 도입량을 제조 회사별로 분류한 것이다.

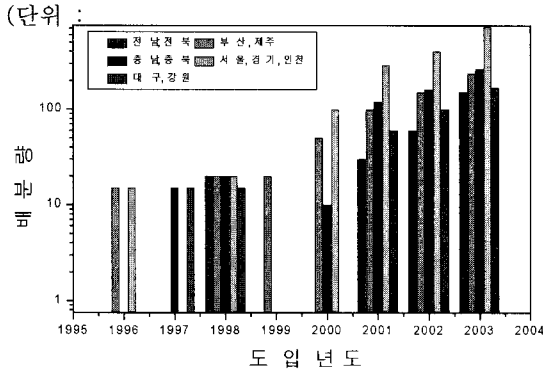
제조 회사별 애자의 도입현황은 1996년부터 2001년까지 5개 회사의 제품이 도입되어, 애자의 신뢰성과 수명 예측에 각 회사별 제품을 별도로 관리하는 어려움이 있었다. 2002년부터는 단일 제품의 도입이 이루어짐에 따라 독립적인 관리 시스템의 도입이 가능하게 되었다.



〈그림 2-1〉 회사별 EPDM 애자의 도입 현황.

그림 2-2는 도입된 애자의 지역별 배분 현황이다.

초기에는 부산과 제주 등 해안 지대에서 운용을 시작 하였고, 2000년부터 서울, 인천 및 경기지역의 신도심 지역을 중심으로 집중적으로 설치되었다. 신도심 지역은 인구 밀집지역으로 선로의 안전에 관한 신뢰도가 많이 요구되는 지역이기 때문에 장기신뢰성의 검토를 위한 연구가 더욱 필요하게 되었다.



〈그림 2-2〉 지사별 분배 현황

### 3. 경제적 교체 주기에 관한 수학적 제안

그림 3-1은 상대적으로 열화진행이 가장 안정적인 것으로 판단되는 A사를 기준으로 B사와 C사의 상대적인 프랙탈 차원화를 수행한 결과이다.

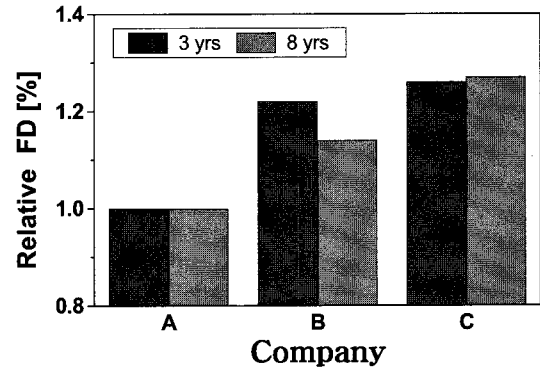
상기의 변환 방법에서 기존 프랙탈 차원의 편차를 쉽게 확인할 수 있었기 때문에 이에 대한 새로운 변환 방식에 관한 연구도 지속되어야 할 필요성이 있다. 본 연구에서 A사의 제품은 현장 운용기간이 3[년]이나 8[년]의 경우에도 반복 열화실험의 결과가 대단히 안정적이었다. 따라서 A사 제품의 파라메타를 기준으로 하는 평가 방식을 제안하고자 하였다.

그림에서 환산된 상대적 프랙탈 차원비는 상당한 타당성을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 특히 C사의 경우에는 A사에 비하여 약 126[%] 정도의 빠른 열화 과정으로 열화 되는 정량적 결과가 일치하고 있다. 이 결과에서 애자의 현장 운용상 동일지역 동일조건일 경우에도, C사는 A사보다 126[%] 정도의 빠른 열화과정을 가지고 있으며, 이들의 상대적인 신뢰도 평가는 자료의 지속적인 축적이 필요하다.

옥외용 폴리머 애자의 설계수명은 30[년]이고 운용수명은 약 20[년]정도로 보고 있다. 그러나 국내의 현장 운용기간은 약 10[년] 정도이기 때문에 완벽한 열화해석에 관한 부분은 더욱 많은 데이터베이스가 요구된다. 특히 현재까지의 폴리머 애자의 고장이 대부분 기계적인 손상에 의한 것이기 때문에 전기적인 문제점은 향후 2015부터 2020년에 이르러야 발생할 것으로 추정된다. 따라서 선로의 애자부분 사고예방을 위하여 신뢰성 분석을 통한 잔존수명 예측이 필요하고, 여기에 제안된 프랙탈 차원을 이용하는

것이 효과적인 것으로 판단된다.

실험의 결과로부터 최초의 고장은 목포 및 제주지역의 C사에서 발생할 것으로 예상되고, 적절한 운용수명의 계산에 따른 선로의 교체여부는 프랙탈 차원의 역변환 값으로 추정할 수 있음을 보였다.



〈그림 3-1〉 운용된 EPDM 애자의 사용기간별과 회사별 상대프랙탈 차원.

〈표 3-1〉 프랙탈 차원을 이용한 8년 운용 EPDM 애자의 열화기증치.

	FD			Average of FD	Aging acceleration[%]		
	A	B	C		A	B	C
Mok-Po	1.12	1.21	1.24	1.19	107	116	119
Che-Ju	1.04		1.26	1.15	100		121
Ge-Jae	1.06			1.06	101		
In-Cheon	1.09			1.09	104		
Po-Hang	1.00			1.00	96		

### 4. 결 론

폴리머형 애자의 국내 현장운용 경험은 10 년에 불과하고, 현재까지의 기술적 수준으로는 장기 안정성의 확보가 어려운 실정이다. 따라서, 제안된 방법을 기초 자료로 지속적인 연구를 수행한다면, 폴리머 애자의 개발과 운영관리에 좋은 결과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

### 〈참 고 문 헌〉

- [1] N. Yoshimura, "Electrical and Environmental Aging of Silicone Rubber Used in Outdoor Insulator", IEEE Trans. DEI Vol. 6 No. 5, pp. 632~650, (1999)
- [2] Lim Jang-Seob, "A Study on the Fractal Application of Discharge Image : Practical Aspects and Economic Estimation", 1999 JK -Joint Symposium on ED&HVE, 168~171, (1999)