

**불용성 오손물을 이용한 오손주기시험법**

이원영\*, 최남호\*, 박강식\*, 한상옥\*  
\*충남대학교, \*대덕대학

**Pollution Cycle Method with NSDD Contaminant**

Lee Won Yeong\*, Choi Nam Ho\*, Park Gang Sik\*, Han Sang Ok\*  
\*Chungnam Nat'l Univ., \*Deaduk College

**Abstract** - There is a wide climatic difference between Korea and foreign countries. Thus, the pollution cycle method, based on the climatic condition of Korea, is needed to evaluate the electrical properties of outdoor insulators. We make a analysis on the cycle methods of foreign countries, climatic conditions of Korea and failure data to make the cycle method. From the result, we can design a good pollution cycle method to evaluate the electrical properties of outdoor insulators.

**1. 서 론**

오손조건 하에서의 절연물의 전기적 특성은 옥외절연 시스템을 설계하는데 있어 가장 중요한 factor 중의 하나이다. 이러한 오손요인들은 기후적 요인, 환경적 요인, 지리·지형적 요인 등으로 구분되어 진다.

우리 나라의 경우 유럽이나 북미는 물론, 인접한 중국이나 일본과도 뚜렷한 기후특성을 보이고 있다. 유럽과 북미는 온대성 기후를 나타내는 반면에, 우리 나라는 Monsoon의 영향하에 있으며 수회에 이르는 태풍의 내습을 받는다. 또한, 우리 나라는 삼면이 바다에 인접해 있어 염무 및 계절풍에 의한 먼지 입자의 내습으로 인해 옥외 절연물이 많은 피해를 입고 있는 실정이다.[1]

한편, 최근에는 해안에 위치한 각종의 공업단지의 경우 염해 및 공해의 공존으로 인해 synergy 효과를 일으키고 있으며, 봄철에 중국으로부터 내습하는 황사량이 급격히 증가하여 불용성 오손물들이 전력설비에 미치는 영향이 점차 증대되어 가고 있다.[2]

기존의 오손사고는 대부분 염해에 의한 것으로 알려져 있으나, 최근에는 대기오염, 황사 등과 같은 불용성 오손물로 인한 파급효과를 감안한 실험들이 진행 중에 있다.

이러한 염해, dust 등의 오손 요인들을 이용하여 선진 외국에서는 일찍부터 옥외 절연물의 전기적 특성 및 신뢰성을 평가하기 위한 방법으로 주기시험법을 작성하여 옥외 절연물 특성을 파악하는데 사용해왔다.

국외의 주기시험법으로는 CIGRE/IEC 61109, STRI의 DCM의 규격시험과 EPRI/FPL, SEDIVER 등에서 사용하는 주기시험법 등을 들 수 있다. 그러나 CIGRE/IEC 61109의 규격시험과 EPRI/FPL, SEDIVER에서 사용하는 주기시험법의 경우에는 폴리머 애자의 열화 시험을 목적으로 하고 있을 뿐만 아니라, 유럽이나 북미의 기후조건에 맞추어져 있기 때문에 우리 나라의 기후 조건에 적용하는 것은 부적합하다.

STRI의 DCM의 경우는 dust를 인자로 사용하지만 자국의 기후 조건을 모의한 것이기 때문에 우리 나라 기후 특성 및 환경 특성을 이용한 오손주기의 제작에 직접 적용하는 것은 부적합하다.

따라서, 본 연구에서는 선진 외국의 주기시험법과 선행연구결과 등을 바탕으로 하여 국내의 기후, 환경 조건

등을 검토하여 실험실 내에서 실행 할 수 있는 '불용성 오손물을 이용한 오손주기시험법'을 제안하고자 한다.

**2. 오손주기시험법**

**2.1 주기시험법**

현재 옥외 절연물들을 평가하는 시험방법들은 제품의 품질 평가를 목적으로 하는 규격시험과 특수환경이나 운전환경을 모의할 수 있는 연구시험으로 나누어 볼 수 있다.[3]

최근에는 규격시험보다는 자국의 특수한 기후나 운전환경을 모의할 수 있고 실험실 내에서 행할 수 있는 연구시험으로 전환되어 가고 있다.[4]

STRI의 DCM의 경우 IEC 61109 방법보다는 단순한 온도, 주수, 분무의 반복이 아니라 dust라는 인자를 적용함으로써 진보한 면이 있다.[5]

위에서 설명한 여러 방법들을 종합해 보면 우선 IEC 61109와 EPRI의 방법들은 폴리머 애자를 적용 대상으로 하고 있다. 그러나, STRI의 DCM은 IEC 61109 시험법과 비교해서 dust라는 factor를 사용하여 불용성 오손물을 인가하도록 만들어졌으며, ceramic과 non-ceramic 애자에 모두 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다.[6] 또한, IEC 61109와 EPRI의 방법들은 장시간을 요하는 반면, DCM의 경우는 total cycle 시간이 짧기 때문에 실험실에서 결과를 도출해 내기가 용이하다.

Table 1은 오손주기시험법에 사용되어진 parameter들의 인가 시간과 factor들을 비교한 것이다. STRI의 DCM에 비해 IEC 61109나 EPRI 시험법이 인가하는 factor들은 많지만 주기 시간을 비교해 볼 때 장시간을 요하기 때문에 실험실에서 실행하기란 적지 않은 문제점들을 가지고 있다.

**2.2 환경과 기후분석**

우리 나라의 기후·환경 특성을 적절히 모의하기 위하여 우리 나라의 기후 특성 및 환경 특성에 대한 사항들에 대한 분석을 수행하였다.

우리 나라의 연강수량은 남부지방이 1,500mm, 중부지방이 1,300mm 정도가 된다. 계절적으로 연 강수량의 50~60%가 여름에 내리고, 5~10%가 겨울에 내리는 특징을 가지고 있다.

Table 2는 기상청 발취한 1999년도와 2000년도 서울지역의 월별 강수량에 대한 표이다. 30.0 mm이상 강수가 온 날은 총 12.5일이고, 10.0 mm이상 온 날은 33.5일 이다. 254 mm 표준형 현수 자기애자의 표면에 부착되어 있는 오손물들이 전부 씻겨져 내려가는데 필요한 강수량을 30.0 mm라고 가정하면, 일년 중 애자의 표면이 전부 씻겨 내려갈 확률은 약 3.42 %정도이다.

불용성 오손물들 중에는 여러 가지가 있겠지만 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 dust이다.

환경청에서 발행한 대기연감의 TSP(Total Suspended Particles) 자료를 통해 살펴보면, 우리

Table 1 Comparison of the cycle method

Factor	EPRI/FPL/KEPRI		CIGRE/IEC 61109 /SEDIIVER	DCM
	summer	winter		
Dust contamination	—	—	—	50 min.
Salt fog	30 min. (1 time) (2.5 kg/m <sup>3</sup> )	1 hour (1 time) (2.5 kg/m <sup>3</sup> )	2 hours (2 times) (7 kg/m <sup>3</sup> )	50 min. (0.3 kg/m <sup>3</sup> h)
Humidification	—	—	2 hours (1 time)	—
Heating	—	—	4 hours (2 times) 2 hours (1 time) (50 °C)	—
UV radiation (Solar radiation) Sunlight	1hour (3 times) 30min. (1 time) (41-45 °C)	2hours (1 time) 30 min. (1 time) 4 hours (1 time) (31-41 °C)	4 hours (3 time) 1000 W/m <sup>2</sup>	—
Rain	30min. (3 times, 2 times) (50-70 μS/cm)	30 min. (1 time) (50-70 μS/cm)	2hours (1 time)	10 min. (0.1-0.5 mm/min.)
Drying	—	—	—	continuous from 1 hour 50 min. (30 °C)
Mechanical intensity	continuous	continuous	—	—
Voltage	continuous (80 kV, 15 kV)	continuous (80 kV, 15 kV)	continuous (Um/√3)	continuous (200 kV AC/250 kV DC)
Total cycle time	5 hours (5000+ hours, 3000 hours)	5 hours (5000+ hours, 3000 hours)	24 hours (5000 hours) (rest time of 3 days after 2 weeks)	2 hours

나라의 대기 중 먼지의 특징은 7월과 9월 사이인 여름철에는 낮은 농도를 보이고 10월부터 1월 사이인 겨울철에는 높은 농도를 보이고 있다. 그리고 황사가 발생하는 4월부터 6월 사이에도 높은 농도를 보이고 있다.[8]

Table 2 No. of days by months

Month	NO. of days											
	0.1 mm			1.0 mm			10.0 mm			30.0 mm		
	'99	'00	Ave.	'99	'00	Ave.	'99	'00	Ave.	'99	'00	Ave.
1	6	10	8	3	6	4.5	0	1	0.5	0	0	0
2	3	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0
3	5	6	5.5	5	2	3.5	1	0	0.5	1	0	0.5
4	7	9	8	6	7	6.5	5	0	2.5	0	0	0
5	9	8	8.5	8	7	7.5	3	3	3	2	0	1
6	8	9	8.5	7	6	6.5	6	2	4	1	0	0.5
7	14	10	12	11	8	9.5	8	3	5.5	3	1	2
8	13	16	14.5	9	15	12	6	12	9	4	7	5.5
9	11	12	11.5	9	7	8	7	3	5	4	2	3
10	8	7	7.5	8	3	5.5	4	1	2.5	0	0	0
11	7	5	6	5	5	5	0	1	0.5	0	0	0
12	6	10	8	5	4	4.5	0	1	0.5	0	0	0
total	97	105	101	77	70	73.5	40	27	33.5	15	10	12.5

Fig. 1은 통계청 자료에서 발취한 서울지역의 30년 평균 강수량과 환경청의 대기연감에서 발취한 '98, '99년도 평균 TSP의 비교 그래프를 나타낸 것이다.

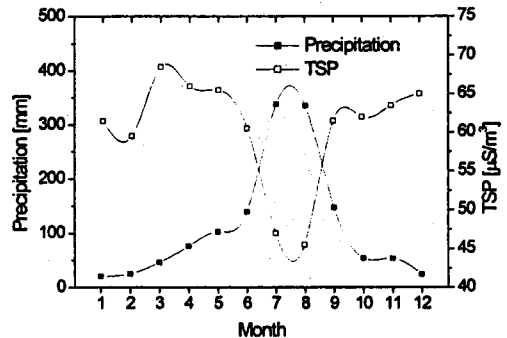


Fig. 1 Graph of TSP & precipitation

Fig. 1을 통해서 10월부터 6월까지 이어지는 겨울과 봄철에는 강수량과 dust간의 관련성이 적음을 알 수 있다. 이 기간의 강수량은 매우 적기 때문에 옥외 절연물의 표면에 부착되어 있는 dust들을 씻어내기에는 부족하다.

그러나, 7월과 9월 사이에 집중되는 장마철에는 TSP의 농도가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그것은 장

마찰에 집중되어 있는 호우로 인해 공기 중에 포함되어 있는 먼지들을 많이 씻어 내기 때문일 것이다. 4월과 6월 사이에는 강수량과는 무관하게 황사의 영향으로 TSP의 농도가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 그 외의 나머지 달들에서는 황사에 의한 영향은 없지만 바람에 의해 미세 먼지들이 많이 공기 중에 많이 포함되어 있는 것을 알 수 있다.

### 3. 오손주기 설계

오손 주기를 제작하고 시험을 했을 때 시험결과에 직접적인 영향을 미치는 시험변수는 규격화되고 표준화되어야 한다. 시험결과를 염수농도, salt fog density, 수질, dust의 함량, 주수량에 따라 영향을 받는다.

염수량은 IEC 60815에 나와 있는 것처럼 Light 지역의 염분량인 약 7 kg/m 정도가 적당하다고 생각한다. Light 지역의 ESDD는 약 0.03~0.06 mg/cm<sup>2</sup> (conductivity : 15~20 μS) 정도이다.

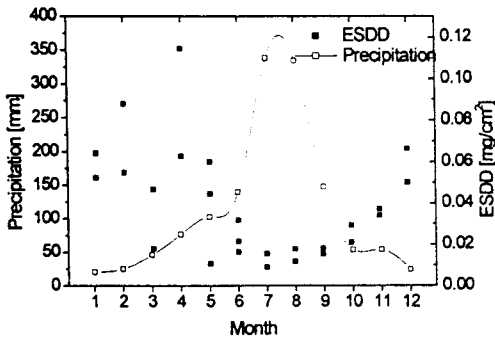


Fig. 2 Graph of precipitation & ESDD

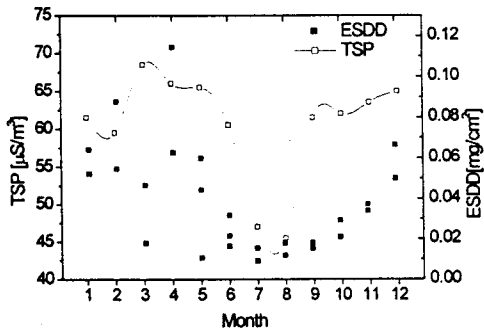


Fig. 3 Graph of TSP & ESDD

Fig. 2와 3은 강수량과 ESDD, TSP와 ESDD를 비교한 그래프이다. ESDD의 값은 강수량과 먼지의 농도에 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있다.

Dust의 양을 natural contamination과 가장 유사하게 하기 위해서 wind tunnel과 같은 대형의 설비가 요구되지만, 실험실에서 실험을 진행할 경우 황사비와 같은 형태를 취하는 것이 가장 합당한 것으로 보인다.

Rain의 경우 하루의 극값을 적용하는 것보다는 30 mm 정도가 애자 표면에 부착되어 있는 오손물들을 모두 씻어 낸다고 가정하면, 약 1.5 mm/min.이 적당하다.

전압은 IEC 61109에 나와있는 것처럼 최대계통전압 U<sub>m</sub>의 1/√3배로 적용하여, 22.9 kV의 1/√3배인 13.2 kV를 적용하였다.

Fig. 4에 나와있는 주기는 STRI의 DCM을 기준으로

해서 우리 나라 강우특성과 TSP특성을 종합하여 만들어진 주기이다. 국외의 경우 대부분 습윤 후 건조의 순서로 주기를 진행하는데 우리의 경우는 dust를 용액으로 만든 상태에서 인가를 해주기 때문에 dust 다음에 drying을 인가하였다. salt fog를 50분, dust를 1시간 인가한 이유는 실험실내의 챔버에서 254 mm 표준 현상자기애자의 wetting mechanism을 고려하여 결정된 것이다.

Salt fog					
Dust					
Drying					
Rain					
Voltage					
Time(Hours)	1	2	3	4	5

Fig. 4 Cycle of the Pollution Cycle Method

### 4. 결 론

불용성 오손물을 이용한 오손주기시험법의 작성에 관한 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

국내외의 주기시험법들을 비교함으로써 오손주기제작에 필요한 제반사항 및 문제점들을 파악하였다. 또한, 오손주기 제작에 앞서 우리 나라의 기후 특성을 조사하여 강수량과 불용성 오손물인 dust와의 관계를 알아보았다.

오손주기를 작성함에 있어서 ceramic과 non-ceramic 애자를 모두 시험할 수 있고 실험실 내에서 실행하기에 적당하도록 주기를 작성하여 오손 주기의 우수성을 제안하고자 하였다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 최남호 외3인, "오손조건에 따른 옥외절연물의 전기적 특성", 한국전기전자재료학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp 464-470, 2000.
- [2] 최남호 외4인, "불용성 오손물에 의한 절연물의 전기적 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 2000년도 하계학술대회 논문집, pp 640-646, 2000.
- [3] 한재홍 외2인, "가속열화시험에 의한 폴리머애자의 신뢰성 평가", 한국전기전자재료학회 2001년도 춘계학술대회 논문집, pp 10-14, 2001
- [4] KEPRI, "배전용 폴리머애자의 신뢰성 평가 및 운용기준 제정", 전력연구원 중간 보고서, 1999
- [5] 박강식 외3인, "Composite insulator의 적용 및 진단기술 현황", 전기학회지, pp 27-31, 1999
- [6] "Guide for visual identification of deterioration & damages on suspension composite insulators", STRI Guide 5, 98/1
- [7] IEC 61109, "Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V-Definitions, test methods and acceptance criteria", 1992
- [8] 환경청, "대기환경연보", 1999
- [9] 최남호 외3인, "염진해 오손물질의 성분과 전기적 특성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 1654-1659, 1999.