

# 기후인자와 ESDD간의 상관관계 분석 통한 오손도 예측

이원영, 김도영, 박홍석, 한상욱, 박강식\*

충남대학교 전기공학과, 대덕대학 전기전자계열 전기전공\*

## The prediction of contamination degree through the relationship analysis between the climatic factor and ESDD

W. Y. Lee, D. Y. Kim, H. S. Park, S. O. Han, and K. S. Park\*\*

Dept. of EE Chungnam Nat'l Univ., Dept. of EE Daeduk collage

### Abstract

Recently, with the rapid growth of industry, environmental condition became worse. With the mix of the various contaminants, such as, salts, dust, and industrial pollutants, synergy effect could be happened. So, many researches have been focused on the issue.

The cause of natural accident could be classified as, lightning, rainstorm, and contamination. However, the accident by contamination influences on the larger area than that by lightning, and, in the case of rapid contamination, it takes a shorter time than rainstorm.

The salt contaminant is one of the most representative pollutants, and known as the main source of the accident by contamination. So, in this investigation, we make a research on the prediction of contamination degree through the relationship analysis between the climatic factor and ESDD.

**Key Words** : contamination degree, prediction, ESDD, climatic factor

### 1. 서론

송·배전선로의 사고원인은 자연현상을 기준으로 뇌격(雷擊), 풍우(風雨), 빙설(氷雪), 염진해 오손(鹽塵害 汚損) 등으로 구분되어 관리되고 있다. 전력설비에 대한 전체사고 발생횟수에서 염진해로 인한 사고 발생확률은 비교적 낮은 편이지만, 일단 발생하면 피해지역이 매우 넓고 복구에 많은 시간과 인력을 필요로 하는 특징을 지니고 있다.[1]

또한, 배전선로 사고에 대한 분석보고에 의하면 절연재료의 노화 및 절연부의 오손에 의한 절연파괴사고가 대부분을 이루고 있다.[2]

일반적인 경우, 오손요인은 크게 지리·지형적 요인, 기후적 요인, 등으로 나누어 검토할 수 있다. 우리나라는 삼면이 바다라는 지리적 특수성과 비교적 완만하고 긴 해안선을 지닌 지형적 특성으로 인해 해염(海鹽)의 영향을 크게 받고 있다는 것을 사고의 발생실적과 사고지점의 해안거리별 분포특성을 통해 확인할 수 있다. 기후적 측면에 있어, 우리나라는 비교적 강수량이 많은 특성을 지니지만, 6~8월의 하절기에 대부분의 강수량이 집중되고, 10월

경 시작되어 3월경까지 지속되는 건조기가 존재하며, 연중 계절풍(Monsoon)의 영향하에 놓이게 되어 장기간에 걸친 누적오손이 발생하기 용이한 기후조건을 지니고 있다. 또한, 봄철(3~5월)의 경우, 극심한 일교차로 인한 응축(凝縮), 농무(濃霧), 세우(細雨) 등이 집중적으로 발생하여 수 개월에 걸쳐 형성된 오손층이 습윤되고, 오손섬락이 발생하기 용이한 조건을 지니고 있다.

이와 같은 오손의 영향에 대한 인식을 바탕으로 대부분의 국내의 전력회사는 송·변전설비의 절연설계를 위해 해안지역의 오손도를 측정하고 이를 바탕으로 대표 오손도를 선정하여, 설계 및 관리에 활용하고 있다.[3]

이러한 관점에서 오손도를 예측하는 것은 전력설비의 사고를 미연에 방지할 수 있다는 측면에서 매우 중요하다. 그러나, 오손도를 예측함에 있어 고려되어야 할 사항들이 몇가지 있다. 그중에서 가장 중요한 것이 기후 인자와 오손도와와의 관계이다.

따라서, 본 논문에서는 기후인자와 오손도간의 상관관계 분석을 통하여 오손도를 예측하고자 한다.

## 2. 측정 및 분석

### 2.1 이론적 고찰

국내외의 연구 및 보고를 통해 입증된 바와 같이 옥외용 절연물에 오손을 일으키는 주요인은 바람이다. 바람은 염분을 공기중에 부유시키고 내륙으로 이동시키는 역할을 한다. 풍동실험 및 필름 측정법을 이용한 연구 보고에 의하면 오손량과 풍속의 관계는 아래의 식 2.1 및 식 2.2의 관계가 성립한다.

$$W = 0.0135v^3 - 0.38v^2 - 0.13v$$

여기서  $W$ 는 표준 현수 애자 1개당의 염분부착량 [mg/h]이고,  $v$ 는 풍속 [m/s]이다.

$$C = av^n$$

여기서,  $C$ 는 염분 입자수 [입/분/mm<sup>3</sup>]이고,  $a$ 는 염분 입자수와 풍속의 상관계수이고,  $n$ 은 염분 입자수와 풍속의 상관승수이다.

위의 식을 통하여 알 수 있는 바와 같이 실제의 옥외 환경에 있어서 공기중의 염분밀도 및 절연물에 대한 염분 부착량은 풍속과 강한 관련성을 갖음을 확인할 수 있다.

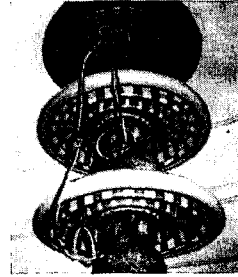
### 2.2 ESDD 측정

ESDD를 측정하는 방법에는 크게 수동 오손 측정방법과 자동 오손 측정방법이 있다. 수동 오손 측정방법의 경우에는 필세법(Brush Wiping Method)가 대표적인 방법인데, 절연물의 표면에 누적된 오손물을 직접적으로 분리시켜 측정하는 방법이다. 그러나, 필세법은 시간과 인력 및 경제적 소모가 크고, 장기간에 걸쳐 측정해야 한다는 단점이 있다. 또한, 수동 오손 측정법은 임의의 주기동안 누적된 오손물을 붓으로 닦아냄으로써 일회적인 한계성을 보이고 있다.

그러나, 자동 오손 측정방법의 경우에는 초기 개발비 및 설비비가 많이 소요되지만 시간과 인력에 의해 제한되던 수동 오손 측정법의 한계성을 벗어날 수 있다. 또한 측정주기를 일일단위로 할 수 있기 때문에 급속오손의 관찰 및 옥외 절연물의 상시 오손도 측정이 용이하다. 따라서, 단시기에 급격한 변화를 보이는 기후적 변화에 의해 변하는 오손도를 예측하기 위해서는 자동 오손 측정법이 필수적이다.

본 논문에서는 한국전력공사의 765 kV 실증 시험장에 설치된 자동 오손 측정장치를 이용하여 얻

은 ESDD 값과 고창지역의 기후 데이터를 이용하였다. 다음의 그림 1은 자동오손 측정장치의 센서와 세정장치이다.



(a) 오손도 측정용 센서



(b) 자동 오손 측정 장치

그림 1. 자동오손측정장치의 센서와 세정장치.

### 2.3 통계 처리 분석

상관계수는 두 변수 사이의 관계의 집중도를 측정함과 동시에 방향(+ 혹은 -)과 정도를 나타내는 수치로서 보통  $r$ 로서 나타난다. 상관계수  $r$ 의 부호(+, -)는 두 변수사이의 상호관계의 방향을 나타내며,  $r$ 의 크기는 상호관계정도를 나타내는데,  $r$ 의 값이 -1.00이나 +1.00에 가까우면 두 변수의 관계가 거의 직선을 이루고, 반대로  $r$ 의 값이 0에 가까우면 두 변수사이에는 상관관계가 거의 없다는 뜻이다. 상관계수의 부호에 따라  $x$ 와  $y$ 의 증가 감소가 정해진다. 일정한 변화 추이를 보이고 있지 않는 경우에는 상관계수는 0이 된다. 표본 상관계수  $r$ 은 모집단 전체의 선형관계가 아닌 표본의 선형관계의 정도를 나타낸다.

선형회귀모형에서 고려하는 독립변수의 수가 2개 이상인 경우를 다중회귀선형모형(multiple linear regression model)이라 하고, 이를 분석하는 방법을 다중선형회귀분석(multiple linear regression analysis)이라고 한다. 실제적인 문제를 해결하기 위해서는 독립변

수가 2개 이상인 경우가 자주 발생하며, 이 경우에 자주 사용된다.

종속변수를 Y라 하고 p개의 설명변수를  $X_1, X_2, \dots, X_p$ 라고 할 때 다중선형회귀모형은 다음의 식과 같이 정의한다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

여기서, Y는 종속변수로서 측정된 ESDD이고  $X_1 \sim X_n$ 은 기후변수들이다. 그리고  $\beta$ 는 회귀계수이며,  $\varepsilon$ 는 오차이다.

### 2.4 선행연구

일반적으로 해안지역에 위치해 있는 전력설비들이 염해에 의한 피해가 가장 심각하다. 염해에 의해 사고가 발생할 경우에는 그 피해지역이 막대할 뿐만 아니라, 전력설비를 보수함에 있어 매우 많은 인력과 장비 및 비용이 소요된다.

이러한 전력설비의 사고를 예방하고자 국내외적으로 기후조건과 오손도 사이의 상관성에 대해 많은 연구가 진행되고 있는 상황이다.

국내외의 연구보고는 다중선형 회귀분석에 의한 통계처리에서 기후조건과 오손도가 강한 상관성이 있다고 제시하고 있다. 예를 들어, 우리 나라와 같은 반도형태의 말레이시아에서 연구한 보고서에 따르면 기후조건과 오손도 사이에는 0.899의 상관계수의 수치로서 매우 강한 상관관계가 성립함을 증명하였다. 표 1은 말레이시아에서 실시한 다중선형 통계처리에 의한 오손도와 기후요소간의 상관계수이다. 상관계수표는 그 지역에서 발생하는 오손의 기후적 특이성을 명시해 주는데, 이 지역에서는 풍향에 의한 영향이 가하게 나타나고 있다. 다음으로 높은 관계성은 풍속이다. 그러나 오손의 세정작용을 일으키는 강수량에 대한 상관계수가 -0.231로서 매우 저조하다. 이는 강수량이 오손도에 미치는 영향에 비해 낮은 상관계수 수치이다.

### 3. 결과 및 고찰

자동 오손 측정장치로부터 얻어진 일별 ESDD 값과 고창지역의 기후 데이터를 이용하여 다중회귀 분석을 수행하였다.

먼저 선행연구 결과를 바탕으로 하여 통계처리를 해 보았다. 그림 2에서는 선행연구 방법을 이용하여 통계처리를 수행한 결과 그래프다.

표 1. 말레이시아 지역의 기후인자와 ESDD간의 상관계수표.

	ESDD	Temp.	R.H.	Pre.	Rain	W.V.	W.D.
ESDD	1.000	0.036	0.041	0.453	-0.231	0.529	-0.868
Temp.	0.036	1.000	-0.912	-0.263	-0.100	0.154	-0.043
R.H.	0.041	-0.912	1.000	0.373	0.044	-0.178	-0.059
Pre.	0.453	-0.263	0.373	1.000	-0.267	0.133	-0.425
Rain	-0.231	-0.100	0.044	-0.267	1.000	-0.050	0.106
W.V.	0.529	0.154	-0.178	0.133	-0.050	1.000	-0.434
W.D.	-0.868	-0.043	-0.059	-0.425	0.106	-0.434	1.000

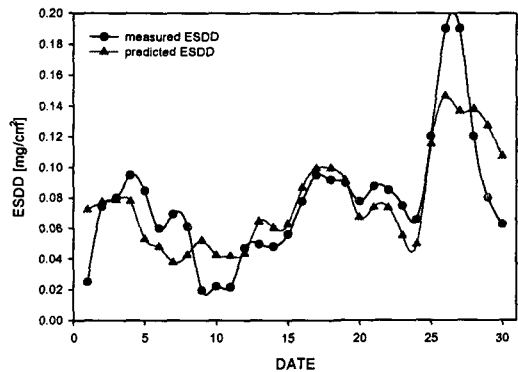


그림 2. 선행연구결과를 적용한 측정치와 예측치 간의 상관성 그래프.

상관계수 값은 0.783으로 1에 가까운 값을 가지고 있다. 그러나, 11월 26일과 27일결의 피크값에서는 신뢰할만한 값을 얻지 못했다.

그래서, 기후인자들의 변화를 주어 새로운 변수를 만들어 다중회귀 분석을 수행하였다.

그림 3은 3일간의 풍속을 누적하여 독립변수로 적용하고, 전날의 ESDD값을 독립변수로 적용하여 적용한 그래프이다.

그림 3에서 확연히 들어나듯이 우리나라의 경우에는 말레이시아의 통계처리 결과를 그대로 적용할 수 없다. 그래서, 독립변수들을 변화시켜 통계처리를 한 결과 상관계수 값은 0.926으로 아주 높은 값이 나왔을 뿐만 아니라 피크 값에 있어서도 거의 일치 하는 그래프 특성을 얻을 수 있었다.

피크값을 예측하는 것이 중요한 이유는 ESDD가 높을 경우에 오손에 의한 사고가 발생하기 때문에 ESDD 값이 가장 높을 때를 예측하는 것이 중요하다.

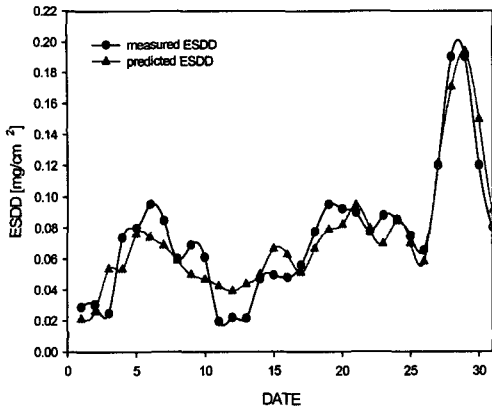


그림 3. 3일간의 풍속을 누적하고 전날 ESDD를 적용한 회귀분석 결과.

#### 4. 결론

오손은 전력설비의 옥외 절연물에 대해 매우 광범위하게 영향을 미치며, 대형사고를 일으킬 수 있다. 또한 다양한 자연 현상에 의해 오손물의 누적이 일어나며, 최근에는 급속한 산업화에 따른 오손의 증가에 따라 잠재적인 사고 위험성이 매우 높아지고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 기후인자와 ESDD간의 상관관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

국외의 선행 연구를 통하여 제시된 통계 처리 방법을 이용할 경우에는 우리나라 실정에 맞지 않기 때문에 ESDD 값을 예측하는데 있어 문제점들이 발생한다.

이와 같은 문제점들을 보완하고자 기후 데이터들을 이용하여 새로운 변수를 만들어서 통계처리를 수행한 결과 90 % 이상의 상관계수 값을 도출할 수 있었다. 뿐만 아니라 피크값을 예측함에 있어서도 탁월한 효과가 있었다.

#### 참고 문헌

[1] 최남호, 한상욱, 박강식, "통계적 처리방법을 이용한 동해안 연해 오손물의 분포특성" 대한전기학회 논문지, 제 50권 3호, pp 130-136  
 [2] 최남호, 한상욱, "해안도달거리에 따른 서해안 지역 연해 오손물의 분포특성", 대한전기학회 논문지, 제 50권 6호, pp 276~280, 2000. 6.  
 [3] Ahmad S. Ahmad, "Contamination of high voltage insulators in the east coast of

peninsular malaysia"

[4] Ahmad S. Ahmad, "Prediction of salt contamination on high voltage insulators in rainy season using regression technique"  
 [5] 김우철, "일반통계학", 영지문화사, 1997  
 [6] 이회춘, 박지원, "한글 SPSSWIN을 이용한 통계조사분석", 학문사, 1999. 7  
 [7] 노형진, "다변량 데이터의 통계분석", 석정, 1999. 4  
 [8] M. Fukazawa, H. Ito, N. Arai, "An evaluation of equivalent fog method as AC artificial contamination test method", Central Research Institute of Electric Power Industry, 1983. 9  
 [9] J.S. Barrett and M.A. Green, "A statistical method for evaluating electrical failures", IEEE transaction on power delivery. Vol. 9, No. 3, July 1994