

오손도와 기상 데이터의 통계적 분석을 이용한 오손도 예측

(An Estimation of Contamination Degree using the Statistical Analysis between Contamination and Climatic Data)

심규일* · 김호수 · 김주한 · 박홍석 · 한상옥

(Kyu - Il Shim · Ho - Soo Kim · Ju - Han Kim · Hung - Sok Park · Sang - Ok Han)

요 약

전력 시스템의 오손에 의한 사고 방지를 위한 가장 효과적인 방법은 오손도를 정확하게 예측하는 것이다. 전력 시스템은 옥외에 노출되어 있으므로 오손 및 열화가 불가피하며, 오손의 증가는 사고의 위험성을 악화시킨다. 한편, 오손의 주요소는 염분이며, 오손도는 등가 염분 부착 밀도(ESDD)로서 나타낼 수 있다. 기후 조건은 지속적으로 오손도를 증감시키고 있다. 기후와 오손도의 상관관계를 해석하여 오손도를 예측할 수 있으며, 다중 회귀 분석방법을 통하여 분석이 가능하다. 이와 관련된 선행연구에서는 높은 신뢰도를 확인할 수 있었다(0.874). 그러나 이러한 방법은 다른 시기에 적용한 경우 상관성이 상당히 하강하였다. 본 연구는 이와 같은 신뢰도를 더욱 향상 시키고(0.898), 정밀한 오손도 예측을 위한 통계처리를 수행하였다.

Abstract

The accumulation of salt contamination could be the source of electrical accident. The degree of contamination on outdoor insulator is represented by ESDD(equivalent salt deposit density). The salt is transported by the wind to the outdoor insulator and cleaned by the rain. So, we can estimate the relation between climatic data and ESDD by using the multiple regression method. The results of pre-study presented the high relation coefficient(0.874). But these results couldn't apply to another period. So, this paper improves above problem by mathematical process of climatic data. The main method is accumulation of passed climatic data and conversion of the rainfall by the wind. Then, we confirmed the increasement of relation coefficient(0.898).

Key Words : contamination, outdoor insulator, ESDD, regression, relation coefficient

1. 서론

전기 에너지에 대한 수요는 산업의 발달 및 사회의 성장에 따라 계속해서 증가하고 있다. 그만큼 전기 에너지에 대한 의존성과 필요성이 증대된 것이다. 이에 따라 안정적인 전기 에너지 수급이 더욱 중요

* 주저자 : 충남대학교 공학석사

Tel : 042-821-7604, Fax : 042-823-7970

E-mail : orion@cnu.ac.kr

접수일자 : 2003년 8월 13일

1차심사 : 2003년 8월 25일

2차심사 : 2003년 9월 26일

심사완료 : 2003년 10월 23일

하게 되었으며, 송·배전에 관계되는 옥외 절연물은 이를 위한 기본적인 역할을 담당하고 있다.

그러나 옥외 절연물은 환경적인 요인에 의한 열화 및 오손이 불가피하다. 특히 해안가의 경우 염해에 의해 절연성이 감소하게 된다. 우리나라의 경우 지리 지형적으로 해안과 접한 지역이 많으며, 서해와 남해의 경우 복잡한 해안선과 동고서저의 한반도 특성에 의해 염분의 영향권은 더욱 광범위하게 형성된다[1].

또한 우리나라의 기후는 Monsoon의 특성을 보이고 있다. 즉, 계절마다 다른 기후적 특성을 뚜렷하게 나타낸다. 그에 따라 강수량이 하절기에 집중적으로 나타나며, 동절기에서 봄철에 이르기까지 강수량이 매우 저조하며, 이른 봄철에는 극심한 가뭄현상이 발생하기도 한다. 이 기간에는 염분이 계속해서 누적되며, 심한 기온 변화에 의하여 응축(condensation), 농무(heavy fog)등이 발생하기 용이하게 된다. 따라서 이 시기에 오손섬락(contamination flashover)이 가장 많이 발생한다[2].

오손의 증가 및 감소는 기상변화와 밀접한 관계를 갖고 있다. 오손의 증가 요인으로는 바람이 있다. 바람은 해안으로부터 염분이 부유하여 절연물에 부착하는데 있어 지대한 영향을 미친다. 바람에는 풍향과 풍속의 두 가지 성분으로 나누어 분석할 수 있다.

반대로 오손을 감소시키는 기상요소로서 강수량이 있다. 강수현상은 오손물을 습윤시킬 뿐만 아니라 세정작용에 의하여 오손물을 탈락시킴으로써 절연물의 절연성을 회복시켜 주는 역할을 한다. 그 외에 기후변화를 나타내는 요소로서 상대습도, 기온 등이 있다[3,4].

이와 같은 기상요소와 오손도의 관계에 의하여 오손도를 예측할 수 있다. 예측 방법은 다변량 통계처리 방법중에서 다중회귀 분석처리(multiple regression analysis method)에 의해 적절하게 수행될 수 있다. 다중회귀 분석처리는 두 개 이상의 변수를 이용하여 예측할 수 있기 때문에 오손도와 같이 여러 가지 기상조건에 의한 변화를 예측하는데 적합하다. 이를 통하여 기상요소와 오손도의 상관관계를 수식적으로 나타낼 수 있다.

오손도 예측을 위한 기존의 연구는 일정기간동안 누적된 오손도의 측정을 통하여 기상변화와 상관관

계를 분석하는 것이었다[5]. 이는 계절적인 변화 수준의 오손도 예측만이 가능하였다. 그러나 오손도는 급변하는 기상요소와 동시에 증감이 이루어지므로 세밀한 예측에는 한계가 있었다. 특히, 최근에는 기상변이 현상이 빈번하게 일어나므로 이에 대한 필요성이 더욱 증대되고 있다.

이미 국외에서는 이런 분야의 연구가 진행되고 있으며, 국내에서도 이와 같은 연구가 수행된 바가 있다. 그러나 오손도 예측을 통하여 사고를 예방하기 위해서는 더욱 신뢰할 만한 예측 방법이 필요하며, 이에 대해 본 연구를 통하여 한층 상승된 신뢰도를 획득할 수 있었다.

2. 오손도 측정 및 분석방법

2.1 오손도의 측정

오손도는 자동오손 측정 장치를 통하여 측정된다. 자동오손 측정 장치가 설치된 곳은 그림 1에 표시되어 있는 고창의 765 [kV] 실증 시험장이다. 이곳은 해안으로부터 300 [m] 정도밖에 거리를 두고 있지 않으므로 염분 오손의 직접적인 영향권에 놓여있다. 이 장치는 오손도를 매일 측정할 수 있으며, 누적된 오손물을 탈락시키지 않기 때문에 지속적인 누적현상에 대한 관측이 가능하다.

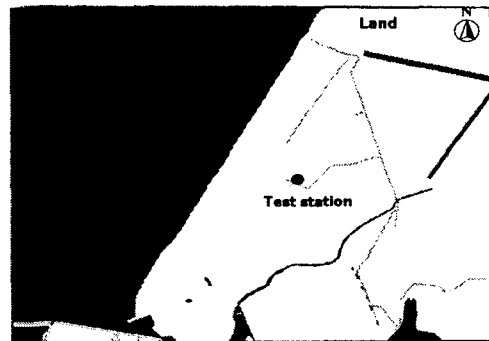


그림 1. 오손도 측정 장치 위치
Fig. 1. Site of contamination measurement

이 지역은 계절풍에 의해 동절기동안 서쪽과 북서쪽으로부터 바람이 불어온다. 이런 바람의 방향에는 서해안이 직면하고 있기 때문에 북쪽과 서쪽사이에

서 불어오는 바람에 의해 오존의 영향을 크게 받고 있다. 또한 해양으로부터 가깝기 때문에 낮에 불어오는 해풍의 영향을 일년 내내 받고 있다.

2.2 기상요소와 오존의 상관성

오존의 변화는 기상요소의 크기 변화에 종속되어 변하기 때문에 기상요소는 독립변수가 되며, 오존도는 종속변수가 된다. 식 (1)은 이와 같은 관계를 나타내는 다중회귀 분석의 일반식이다. 여기서는 기상요소를 X_1, X_2, \dots, X_p 로 하고 그에 따른 계수는 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ 가 된다. Y 항은 오존도를 나타낸다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon \quad (1)$$

- 여기서, X_1 : 기온 [°C]
- X_2 : 강수량 [mm]
- X_3 : 풍향
- X_4 : 풍속 [m/s]
- X_5 : 상대습도 [%RH]
- ϵ : 실측치와 예측치의 차이

3. 오존도 예측 및 분석 결과

3.1 상관계수

변수들간의 상관관계의 정도를 통계적으로 측정하기 위하여 피어슨의 상관계수(correlation coefficient)를 이용하였다. 피어슨의 상관계수는 r 로 표기하는데 r 의 통계적 정의식은 식 (2)와 같다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)s_X s_Y} \quad (2)$$

n 은 표본의 크기 즉, 측정 데이터의 개수이며, s_X 와 s_Y 는 각각 변수들의 표준편차이다. 여기서 r 값이 1과 -1에 근접 할수록 상관성이 강하게 된다[5].

3.2 오존도 예측 결과 및 고찰

오존도 예측에 관한 선행연구를 통하여 오존도는 풍속의 세제곱에 비례하고, 과거의 기상데이터가 계속해서 현재의 오존도에 영향을 미치고 있는 것을

알 수 있었다[6].

이러한 결과를 2000년 2월 동안의 ESDD와 기상데이터에 적용하였다. 기상데이터는 선행연구와 같이 기상청에서 측정된 데이터를 활용하였으며, 식 (3)에서 y_i 는 i 번째 추정치를 의미한다. 결과적으로, 상관계수 수치가 하락하면서 그래프상으로도 오존의 최고치 부분에서 측정치와 예측치 사이에 큰 오차가 발생하고 있다.

$$y_i = 0.120 - 0.0020 x_1 - 0.0014 x_2 + 0.0005 x_3 + 9.2 \times 10^{-11} x_4 - 0.0003 x_5 \quad (3)$$

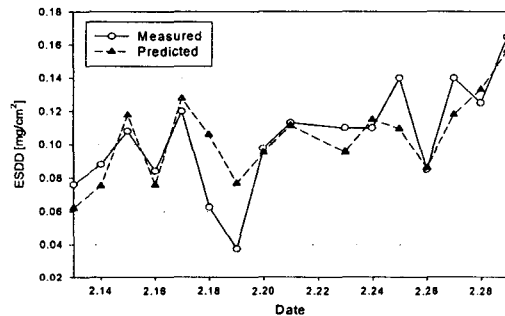


그림 2. 선행연구에 의한 오존도 예측
Fig. 2. Estimation with preceding results

먼저, 풍속에 국한되었던 가중치를 확대 적용하였다. 이에 따라 기상데이터의 수치 환산을 재수행하였다. 바람에 의한 영향을 가중시키기 위하여 풍속과 더불어 풍향에 대해서도 세제곱을 하였다. 이에 반해 강수량은 그 수치를 줄여주기 위하여 제곱근을 취하였다.

또한 과거 기상데이터가 현재의 오존도와 깊게 연관되었던 기존의 연구를 확대하여 풍향, 풍속, 강수량까지 확대 적용하였다. 그림 3은 1, 2, 3일전의 가중치별로 통계처리한 결과이다.

표 1은 3일전까지의 가중치를 통한 피어슨의 상관관계이다. 표에서 풍속은 0.7이상의 매우 강한 상관성을 보이고 있지만, 강수량과 오존도 사이에는 매우 낮은 음의 상관관계가 형성되고 있다. 그러나 실제로 강수량이 오존도에 미치는 영향은 무시할 수 없다. 왜냐하면, 오존량의 절대적인 감소원인이 강수량이기 때문이다. 따라서 강수량의 영향을 통계처리시 감안해야 하며, 이를 위해 강수량과 풍향 및 풍속

오존도와 기상 데이터의 통계적 분석을 이용한 오존도 예측

에 대한 적절한 수치 변환을 수행하였다.

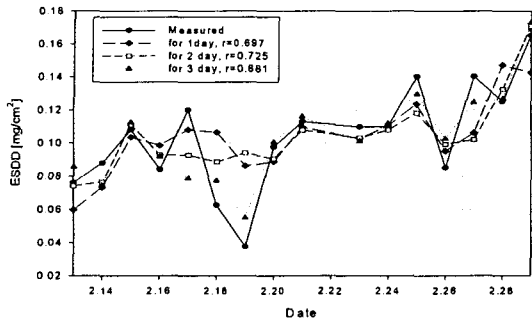


그림 3. 기상데이터 가중에 의한 오존도 예측
Fig. 3. Estimation with weighted weather condition

표 1. 가중치에 의한 피어슨의 상관관계
Table 1. Pearson correlation table

| | ESDD | 기온 | 강수량 | 풍향 | 풍속 | 습도 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ESDD | 1.000 | -0.310 | -0.027 | 0.619 | 0.478 | -0.430 |
| 기온 | -0.310 | 1.000 | -0.506 | -0.131 | -0.476 | -0.022 |
| 강수량 | -0.027 | -0.506 | 1.000 | 0.472 | 0.766 | 0.259 |
| 풍향 | 0.619 | -0.131 | 0.472 | 1.000 | 0.824 | -0.380 |
| 풍속 | 0.478 | -0.476 | 0.766 | 0.824 | 1.000 | -0.157 |
| 습도 | -0.430 | -0.022 | 0.259 | -0.380 | -0.157 | 1.000 |

먼저 강수량을 풍속으로 나눈 값을 다시 통계처리에 적용하였다. 왜냐하면, 강수량과 풍속은 오존도에 미치는 영향이 상반되기 때문이다. 그림 4는 그 결과이며, 상관계수는 0.897로서 매우 높은 상관성을 갖는 것으로 나타나고 있다.

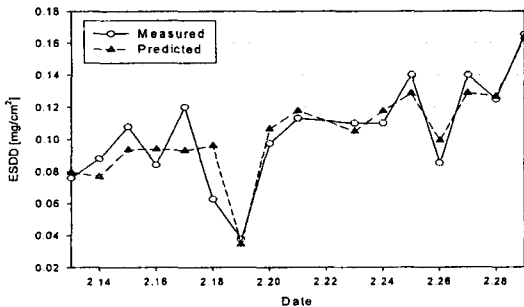


그림 4. 강수량 변환에 의한 오존도 예측(1)
Fig. 4. Estimation with rainfall's variation(1)

다음으로 풍속의 제곱으로 강수량을 나눈 수치로 통계처리를 하였다. 그림 5는 그 결과이며, 상관계수는 0.885로서 다소 하락하고 있다.

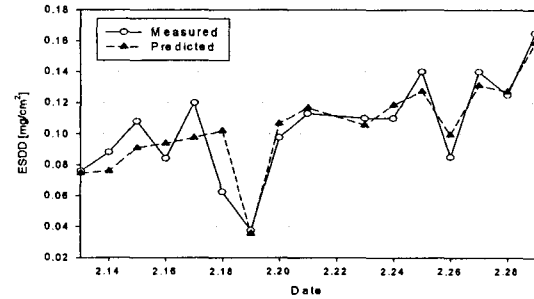


그림 5. 강수량 변환에 의한 오존도 예측(2)
Fig. 5. Estimation with rainfall's variation(2)

그림 6은 강수량을 풍속과 풍향의 곱으로 나누고 그 값을 다시 통계처리한 결과이다. 표 2는 변수간의 상관관계이다. 강수량과 풍향, 풍속의 상관성이 줄어들

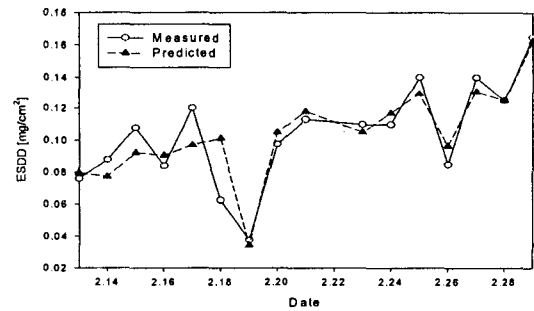


그림 6. 강수량 변환에 의한 오존도 예측(3)
Fig. 6. Estimation with rainfall's variation(3)

표 2. 강수량 변환에 의한 피어슨의 상관관계
Table 2. Pearson correlation table with adjusted rainfall

| | ESDD | 기온 | 강수량 | 풍향 | 풍속 | 습도 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ESDD | 1.000 | -0.310 | -0.629 | 0.619 | 0.478 | -0.430 |
| 기온 | -0.310 | 1.000 | -0.031 | -0.131 | -0.476 | -0.022 |
| 강수량 | -0.629 | -0.031 | 1.000 | -0.167 | -0.106 | 0.248 |
| 풍향 | 0.619 | -0.131 | -0.167 | 1.000 | 0.824 | -0.380 |
| 풍속 | 0.478 | -0.476 | -0.106 | 0.824 | 1.000 | -0.157 |
| 습도 | -0.430 | -0.022 | 0.248 | -0.380 | -0.157 | 1.000 |

드는 반면 강수량과 ESDD의 상관관계는 표 1보다 상승하였으며, 상관계수는 0.898로서 가장 높은 수치를 보였다.

이상의 과정에서 지난날의 기상 데이터가 당일의 오손도와 높은 상관관계를 확인하였으며, 기상 데이터간의 환산에 의한 예측방법은 상관성 및 신뢰도의 향상이 가능하였다.

4. 결론

먼저 선행 연구를 통하여 제시되었던 기상 데이터 처리 방법에 의하여 통계처리를 수행하였다. 상관계수는 0.874에서 0.786으로 하락하여, 일반적인 예측 방법으로 사용하기 어려움을 확인하였다. 이에 대한 기후 데이터의 다른 변화양상이 원인으로 제시될 수 있다. 따라서 다른 시기에는 다른 통계처리 방법이 필요하게 되었다.

오손에 대하여 강수와 바람은 서로 상반되는 작용을 한다. 이를 통계처리에 적용하였다. 먼저 바람의 영향을 강화시키고, 강수의 영향을 감소시키는 계산 처리를 한다. 당일의 기상 데이터에 지난날의 기상 데이터를 누적시키는 방법을 통하여 과거 기상이 현재의 오손에 미치는 영향을 고려하였다. 이 때에는 풍속, 풍향, 강수량 모두에 적용하여 과거 기상데이터를 당일의 기상 데이터에 누적시켰다. 이러한 기상 데이터 처리를 통하여 지난 3일간의 기상 데이터를 누적시킬 때 가장 높은 상관성을 보였다. 여기서 더 높은 상관계수를 얻기 위하여 오손의 증감에 주요 원인인 강수량과 바람을 다시 합수처리 하였으며, 이 과정을 통하여 상관계수가 0.898의 향상된 수치를 이루었다.

기상 데이터사이의 상관관계를 고려한 기후요소간의 합수적 수정을 거친 다중회귀 통계처리에서 더욱 강한 상관성을 확인하였다. 이를 통하여 오손도 예측의 정확성 및 신뢰성을 한층 더 증대시킬 수 있다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

References

- [1] "A Study on the Grade Classification and the Design Standard of the Salt and Dust Contamination.", pp. 3-4, KEPRI TM.98PJ11.M2000.413, 2000. 10.
- [2] Nam-Ho Choi, Sang-Ok Han, "The Distribution Characteristics of Salt Contaminants in West Coast Region with the Distance from Sea", Trans. KIEE. Vol. 50C, No. 6, pp. 276-280, June 2001.
- [3] G. N. Ramos, M. T. R. Campillo and Naito, "A Study on the Characteristics of Various Conductive Contaminants Accumulated on HV Insulators", IEEE Trans. PD, Vol. 8, pp.1842-1850, 1993.
- [4] O. E. Couda, "Influence of Pollution on HV Insulators", Conference Record of the 1990 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Toronto, Canada, pp. 195-198, June 3-6, 1990.
- [5] Own L. Davies and Peter L. Goldsmith, Statistical Methods in Research and Production: Oliver and Boyd Tweedle Court. 1972.
- [6] Won-Young Lee, Nam-Ho Choi, Sang-Ok Han "The Reliability of Pollution Prediction with Regression Analysis and the Possibility of Dispersion and Receptor Models", ICPADM Conf., pp. 1035-1038, June 2003.

◇ 저자소개 ◇

심규일 (沈規一)

1977년 5월 28일생. 2001년 2월 충남대학교 전기공학과 공학사. 2003년 2월 충남대학교 공학석사.

김호수 (金鎬洙)

1977년 9월 15일생. 2002년 2월 영동대학교 전자공학과 공학사. 현재 충남대학교 공과대학 대학원 석사과정 재학중.

김주한 (金周漢)

1976년 5월 15일생. 2003년 2월 충남대학교 전기공학과 공학사. 현재 충남대학교 공과대학 대학원 석사과정 재학중.

박흥석 (朴興錫)

1977년 11월 8일생. 2003년 2월 충남대학교 전기공학과 공학사. 현재 충남대학교 공과대학 대학원 석사과정 재학중.

한상옥 (韓相玉)

1946년 5월 12일생. 1974년 충남대학교 공업교육과(전기)졸업. 1986년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학박). 1985년 독일 하노버대 객원교수. 1989년 일본 나고야대 객원교수. 현재 충남대학교 전기공학과 교수.