

등가염분부착밀도 계측 정밀도 향상에 관한 연구

이원교, 박찬형, 이호권
한전 전력연구원

Study on the Improvement of Measuring Accuracy for Equivalent Salt Deposit Density

Won-Kyo Lee, Chan-Hyeong Park, Ho-Kwon Lee
Korea Electric Power Corporation Research Institute

Abstract - 오손에 의한 송전선로 사고 발생 피해를 최소화하기 위해서는 오손시점을 정확히 진단하고 대비하는 것이 필요하다. 송전선로의 오손 정도는 등가염분부착밀도(ESDD) 측정값을 통해 분류하고 있으며, 오손 정도에 따라 철탍과 송전선로 도체의 절연을 담당하는 애자(Insulator)의 수량 설계 및 청소 주기가 결정되어 운영되고 있다. 그러므로 정밀한 측정이 필수적인데, 기존 필세법에 의한 오손 측정방법은 세정 및 측정 방법에 따라 결과 값의 편차가 발생할 요소가 많아 개선이 필요하다. 이에 본 논문은 기존 필세법에 의한 측정 방법을 분석하여 개선 요소를 확인한 후 실험계획법에 따라 분석하여 측정 정밀도를 향상하는 방법을 제시하고자 한다.

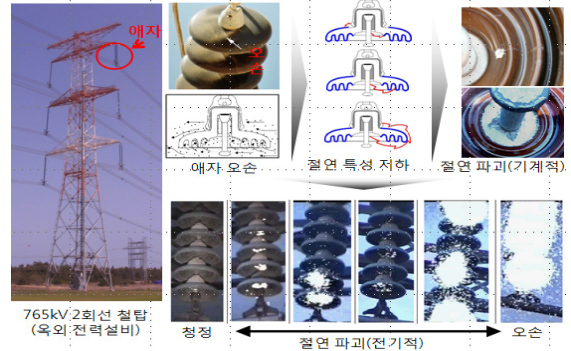
1. 서 론

생활수준 향상에 따라 자연 생활환경에 대한 관심의 증가로 전력설비를 혐오시설로 인식하여 우리나라 전력생산단지는 주로 해안가에 위치하여 전력수요지에 고품질의 전력을 안정적으로 공급하기 위해서는 해안가에 송전선로를 구성하는 송전용 철탍 구조물 건설이 불가피하다. 이러한 건설조건으로 인해 송전용 철탍은 바닷바람에 노출될 확률이 높다. 송전용 철탍은 철재 앵글로 제작된 도전체이기 때문에 일반적으로 철탍과 전력을 전송하는 송전선로 도체 사이에 절연물인 애자를 사용하여 절연 이격 거리를 유지한다. 해안으로 부터 불어오는 바람에 포함된 염분은 송전용 철탍 표면에 부착되어 철재 앵글의 부식의 원인이 되며, 특히 자기 애자 표면에 부착된 염분은 대기에 존재하는 수분을 흡수하여 고전도성 물질의 얇은 막을 형성하게 되고 이러한 막을 따라 누설전류가 발생하여 전기적인 절연 성능에 영향을 미치며, 결국은 전기적인 절연파괴로 인한 송전선로의 고장의 원인이 된다[1]. 따라서 오손에 의한 송전선로의 사고 발생 피해를 최소화하기 위해서는 사고가 발생하는 오손 시점을 정확히 진단하고 대비하는 것이 필요하고, 이에 따른 유지보수가 적절한 시기에 수행되어야 한다. 현재는 오손 정도에 따라 철탍과 송전선로 도체의 절연을 담당하는 애자의 수량 설계 및 청소 주기를 결정하여 오손에 대비하고 있으며, 오손도 분류에는 등가염분부착밀도 계측 결과가 이용되고 있다. 등가염분부착밀도는 필세법에 의한 오손 측정 방법이 일반적이지만, 필세법에 의한 오손 측정은 측정을 위한 세정 및 측정 방법에 따라 결과 값의 편차가 발생할 요소가 많아 개선이 필요하다[1]. 이에 본 논문은 기존 필세법에 의한 측정 방법을 분석한 후 통계적인 기법을 적용하여 개선 요소를 확인한 후 인공오손방법을 통해 전도도 측정 편차를 개선하는 방법을 도출한 후 실험계획법을 통해 분석한 후 분석결과를 토대로 현재 등가염분부착밀도 측정 정밀도를 높이는 방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 애자 오손

송전용 철탍은 옥외에 시설되어 있기 때문에 환경적, 기후적 요인으로 인한 열화가 불가피하다. 특히 철탍과 송전선로 도체간의 절연을 유지하는 역할을 하는 송전용 애자는 다양한 기후 환경 노출에 의한 직접적인 표면 오손 현상이 절연 특성에 영향을 미친다. 애자의 절연 특성을 저하하게 만드는 요인은 표면 부착 수용성 오손물이 응축이나 강우 등으로 습윤 되어 연속적인 막을 형성하여 전도성에 기여하면서 발생하게 된다. 그림 1은 오손 정도에 따른 절연파괴 현상을 보여주며, 오손 정도에 따른 전기적 절연특성 저하는 초기의 국부적인 영향이 관리가 되지 않으면 나중에는 전기적/기계적 절연 파괴현상으로 발달하여 큰 선로 사고로 이루어지게 된다.



〈그림 1〉 애자 오손에 따른 절연 파괴

2.2 오손 측정 방법

애자의 오손 측정에 일반적으로 사용되는 필세법(brush wiping method)은 등가염분부착밀도를 산출하기 위해서 그림 2에서와 같이 애자에 부착된 오손물질을 400[cc] 증류수를 이용하여 붓으로 닦아낸 후 세정액의 전도도를 측정한 후 측정값을 단위면적당 부착된 염분량(등가염분부착밀도)으로 환산하는 방법이다[1].



〈그림 2〉 오손 측정을 위한 필세법

필세법에 의한 전도도 측정 과정은 다음과 같다.

- **준비물 세정** : 준비된 장소에 필요 장비 및 각종 준비물을 사용하기 편리하게 배치하고 증류수를 사용하여 측정에 사용할 용기, 붓, 전도도계의 측정부 등을 미리 세정한다.
- **증류수의 전도도 및 온도측정** : 세정용 증류수 400[cc]의 온도를 측정하고, 측정된 온도에 따라 온도 보정 단자를 조작하여 보정 후 증류수의 전도도를 측정한다.
- **측정 대상 세정** : 400[cc]의 증류수와 미리 세정하여 놓은 붓을 사용하여 세정한다. 대상이 애자일 경우 애자의 하면을 세정하며, 애자 하면 중앙의 시멘트 부분이나 금속 부분이 세정되지 않도록 주의 한다.
- **전도도 측정** : 측정 대상을 세정한 후 전도도계를 사용하여 전도도를 측정한다.
- ※ 모든 측정의 경우 세정 용액을 잘 흔들어 측정치가 변동되지 않는 수치를 기록한다.

필세법을 통해 세정된 애자 오손물의 전도도는 수식 1에 의해 등가염분부착밀도(ESDD)로 환산된다.

$$ESDD = \frac{0.09 \times C \times V}{200 \times S} \quad [\text{mg}/\text{cm}^2] \quad (1)$$

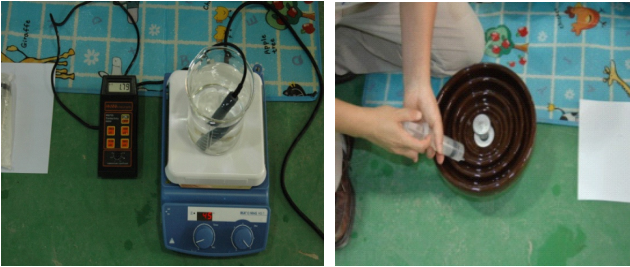
C : 세정 용액의 전도도 [$\mu\text{s}/\text{cm}$], V : 세정 용액의 부피 400 [cc]
S : 애자 하부면의 단면적 [cm^2]

2.3. 측정 방법 분석

오손 측정 오차는 측정 실제 오손값과 측정된 값의 차이로 볼 수 있으며, 환경 요인의 정확한 재현을 통한 동일한 오손이 어렵기 때문에 염화나트륨(NaCl)을 이용한 인공 오손 방법을 사용해서 현재 필세법에 의한 측정편차를 분석한 후 개선 방법을 도출한 후 통계적인 기법을 적용하여 개선 요소를 확인한 후 실험계획법을 통해 분석한 후 분석결과를 토대로 현재 등가염분부착밀도 측정 정밀도를 높이는 방법을 제안 한다.

2.3.1 인공오손 방법

염화나트륨(NaCl)을 이용한 인공 오손액(1.76mS/cm) 30ml를 그림 3과 같이 측정용 애자 하면 도포 후 자연 건조하여 측정 시료로 사용한다. 이때 실제 오손값은 증류수 400ml에 오손액 30ml를 포함한 시료 4개 측정 평균값인 137.4μs/cm을 기준값으로 한다.



〈그림 3〉 인공 오손 방법

2.3.2 측정 편차 잠재 인자

필세법에 의한 오손 측정 방법을 살펴보면 제어 가능한 요소를 고려했을 때 측정 편차에 영향을 미치는 인자는 그림 4에서 처럼 로지트리를 구성해서 검토했을 때 제어 가능한 요소는 오손 정도 측정을 위한 세정 도구, 세정 횟수, 전도도 측정 방법으로 분석된다.



〈그림 4〉 측정 영향 인자

2.3.3 측정 편차 핵심 인자

로지트리를 통해 분석된 오손측정 편차 잠재 인자 중 주로 영향을 주는 핵심인자를 도출하기 위해 애자 시료 30개를 인공오손 방법을 사용해서 오손시킨 후 세정 도구 3가지를(붓, 탈지면, 멜라민 스폰지)사용해서 각각 10개씩 오손측정을 위한 세정을 수행하고(1회, 2회), 전도도 측정하였다(세정도구 포함, 비포함). 측정된 결과를 활용해서 핵심인자를 도출해 내기 위해 통계분석 툴인 Minitab을 이용하여 다음과 같이 분석하였다.

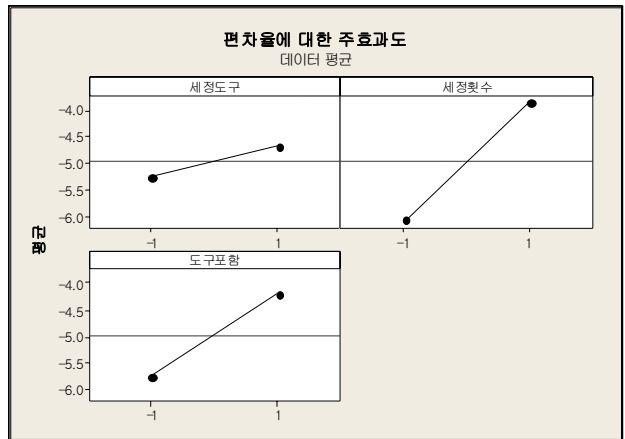
- 일원분산분석을 통해 세정도구에 따른 편차 발생이 통계적으로 의미가 있음(핵심인자)을 확인
- 2-표본T 검증 통해 탈지면과 스폰지 사이에서는 통계적으로 차이가 없음을 확인
- 2-표본T 검증을 통해 1회 세정과 2회 세정에 따른 편차 발생이 통계적으로 의미가 있다는 것을 확인
- 2-표본T 검증을 통해 세정 도구를 포함하기전과 한 후의 측정 편차 발생이 통계적으로 의미가 있다는 것을 확인

그러므로 잠정인자 모두 핵심인자로 선정이 가능하며, 세정도구는 탈지면은 세정시 불순물 발생이 많아 어려움이 있어 붓과 멜라민 스폰지로 선정된 후 표1과 같이 실험계획법을 사용해서 2수준 3요인으로 실험계획 후 분석을 통해 핵심인자별 효과 및 측정 편차율이 최소가 되는 점을 찾아보면 다음과 같다.

〈표 1〉 실험 요인 및 실험 수준

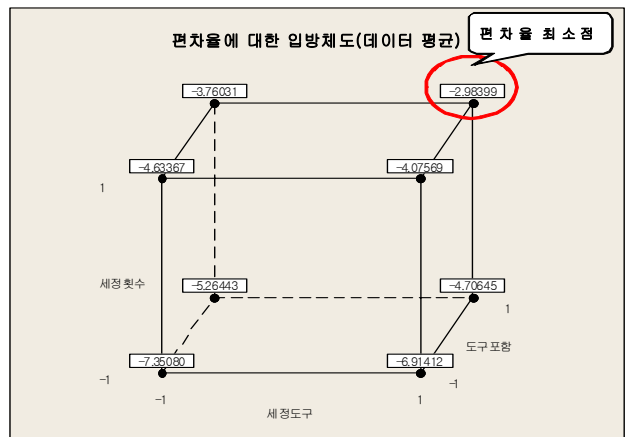
실험수준	실험요인(n=3)			실험 수(회)
	세정도구	세정횟수	도구포함	
1	붓	1회	미포함	2 ³ X3회 반복=24회 완전배치법 (2수준,3요인)
-1	스폰지	2회	포함	

그림 5는 시험요인별 주효과도를 나타낸다. 그림에서 기울기가 클수록 영향력이 크다는 것을 나타내는데, 전도도 측정 편차율에 영향을 주는 주효과는 세정횟수 도구 포함 세정 도구 순으로 나타나는 것을 확인 할 수 있다.



〈그림 5〉 요인별 주효과도

그림 6은 전도도 측정 편차율에 대한 입방체도를 나타낸다. 그림에서 전도도 측정 편차율이 최소가 되는 조건이 (1,1,1) 지점임을 알 수 있고, 표1을 통해 그 조건이 세정횟수 2회, 도구 포함해서 측정, 세정도구로 스폰지를 사용 할 때임을 알 수 있다.



〈그림 6〉 편차율에 대한 입방체도

3. 결 론

본 논문은 기존 필세법에 의한 측정 방법을 통계적인 기법을 적용하여 개선 잠재인자인 세정 도구, 세정 횟수, 전도도 측정 방법을 도출하였으며 세정횟수, 도구 포함 측정, 세정 도구 순으로 개선효과가 크다는 사실을 확인하였다. 또한 실험계획법을 통한 통계적인 기법을 통해, 세정횟수 2회, 도구 포함해서 측정, 세정도구로 스폰지를 사용해서 필세법을 운용하게 되면 전도도 측정 편차율이 개선되는 결과를 얻게 되었으며, 이를 현재 등가염분부착밀도 측정 정밀도를 높이는 방법으로 제안하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최남호, 박강식, 한상우, "동계적 처리방법을 이용한 동해안 염해 오손물의 분포 특성", 대한전기학회 논문지, 50C권, 3호, 130-135 2001.