

현장 분진포집에 의한 도전을 측정과 전기설비 위험평가

(Conductivity Measurement According to Sampling Dusts on Spot and Risk Assessment for Electrical Installations)

송길목* · 김영석 · 김선구

(Kil-Mok Shong* · Young-Seok Kim · Sun-Gu Kim)

한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

(Electrical Safety Research Institute, Subsidiary of Korea Electrical Safety Corporation)

Abstract

본 연구는 현장 분진포집에 의한 도전을 측정과 전기설비 위험을 평가한 것이다. 현장에서의 분진발생은 전기설비에 악영향을 주어 전기설비의 운영시 발생하는 것과 주변환경적 요인에 의해 발생하는 분진이 주를 이루고 있다. 현장에서 포집된 분진으로부터 분진의 종류, 도전을 특성에 의해 전기설비가 영향을 미칠 것으로 판단되었다. 또한 일부 부식성 가스에 의해 노출된 전기설비의 위험성을 분석하고 관리기준을 마련할 필요가 있는 것으로 나타났다. 분진의 종류에 따라 사고의 과정은 빠르거나 오랫동안 지속되었다가 발생하는 근원적 원인을 규명하고자 국내현장에서 분포되고 있는 분진의 종류와 특성 분석과 관련규정을 검토하고 현장상태에서 나타난 문제점을 검토하여 분진발생지역에서의 전기설비 안전관리를 위한 기준마련에 이용될 것으로 기대된다.

1. 서론

전기설비의 발전은 발빠른 국내외 환경에 맞추어 급속도로 변화되고 있다. 특히 국내의 경제성장률과 더불어 전기에너지의 수요가 기하급수적으로 증가하고 있으며, 사용자의 전기안전서비스도 고품질, 고신뢰성의 제공을 원하고 있는 실정이다. 전력시장이 팽창함에 따라 전기안전 서비스의 범위는 더욱 커질 것으로 예상되며, 기술개발을 통해 전기안전을 확보할 것으로 판단된다. 이러한 대다수 전기사용자의 욕구에도 불구하고 국내에서 발생하는 전기화재는 전체화재의 약 30% 범위를 유지하고 있는 게 현실이다. 삼면이 바다이며, 사계절이 뚜렷한 국내의 독특한 환경에서의 전기설비는 매우 취약한 환경일 수밖에 없는 것이다. 최근에는 도시화 공업화가 촉진되면서 집약적이고 산업화된 지역이 개발되어 공해에 대한 영향이 심각한 수준에 이르고 있다[1].

절연재료의 표면에 부유분진이 자중에 의해 가라앉으면서 온도 및 습도의 영향에 의해 누설전류가 흐르고 표면이 탄화된다. 분진의 종류에 따라 사고의 과정은 빠르거나 오랫동안 지속되었다가 발생되어진다[2],[3].

본 연구는 국내 현장에서 분포되고 있는 분진의 종류와 특성 분석과 관련규정을 검토하고 현장상태에서 나타난 문제점을 검토하였다.

2. 분진관련 국내규정 검토

국내 산업안전과 관련된 규정은 인체에 유해한 환경 조건에서의 분진을 설명하고 있다. 그 중 KOSHA E-25-2000은 전기설비 설치시 환경, 사용조건 등의 평가에 관한 기술지침으로서 기기 및 설비의 물의 존재등급을 AD1에서 AD8로 총 8등급으로 나누어 규정하고 있다. 외부고형물의 존재에 대한 등급은 IEC60721-3에 규정하고 있는 것으로 총 6단계의 분진등급을 정의하고 있다. 표 1은 외부고형물의 분류를 정의하고 있다.

표 1. 외부고형물의 분류

Table 1. Classification of external suspended solids

등급	먼지의 특성	크 기
AE1	무시	양 또는 성질 모름
AE2	작은 물체	min. 2.5mm ≤
AE3	미세한 물체	min. 1mm ≤
AE4	가벼운 먼지	10 < P _d < 35 mg/(m ² · D)
AE5	중간 먼지	35 < P _d < 350 mg/(m ² · D)
AE6	무거운 먼지	350 < P _d < 1000 mg/(m ² · D)

전기설비에 위해한 영향을 미칠 수 있는 도전성 분진은 산업안전기준에서 전기저항율이 10³ Ω · m 이하인 분진으로 정의하고 있다. 그러나 현장에서

발생되는 전기사고의 경우 수분과 결합하여 누설 전류가 흐르는 과정에서 사고로 진전된다[4].

부유분진의 농도 측정방법은 한국산업규격에서도 자세히 설명되어 있다. KS A 0079(2004)에서 확인할 수 있듯이 부유측정방법과 포집측정방법에 의해 구분하고 있다. 부유측정방법으로는 광도계식, 광도 비색계식, 광량 적산계식, 입자계수계식, 흡광 광도계식 등으로 나누어지고, 포집측정방법으로는 온도구배식, 충돌식, 침강식, 정전식, 여과식 등으로 구분하고 있다.

농도측정방법으로 쓰이는 것으로 계수법(개/㎥)과 칭량법(mg/㎥) 등이 있다. 본 연구에서는 포집측정방법의 여과식으로 칭량법에 의해 농도를 측정하는 방법을 채택하였다. 이는 현장에서 짧은 시간동안 다량의 분진을 포집하여 실험실 조건에서 분진의 특성을 분석하는데 용이하다. 분진에 대한 위험구분에 있어서 분진발생에 따라 위험장소를 구분하고 있으며, KS C IEC 61241-10과 KOSHA E-18-2006에 나와 있듯이 Zone 20, Zone 21, Zone 22로 구분된다. Zone 20은 분진운의 연속존 재지역이다. Zone 21은 1차 누출원으로 정상작동 중에 빈번하게 가연성 분진이 누출될 수 있는 지역을 의미한다. Zone 22는 2차 누출원으로서 정상작동 중에 누출 우려가 없는 장소이거나 만약 누출된다면 아주 드물거나 아주 짧은 시간 동안만 누출되는 지역을 말한다. 일반적인 분진의 점화온도는 약 230℃에서 250℃의 범위이고, 분진운에 대한 점화온도 범위는 약 410℃에서 450℃까지이다 [5].

따라서 국내 규정에 적용되어 있지는 않으나 산업환경의 안전을 위해 필요한 부분을 검토하면 분진의 종류, 도전율 특성, 강하분진량 등의 내용검토가 요구된다.

3. 분석구성 및 방법

고성능 대기분진포집기(HV-500F, Shibata, Japan)를 이용하여 국내규격에서 권장하는 포집측정방법의 하나인 여과식으로 포집하였다. 포집장소는 제재소, 시장, 영세공장, 하수처리장 등이며, 전기설비에서의 미치는 영향을 분석하기 위해 전기설비 반경 2m 이내에 분진포집기를 거치하였다 [6-8]. 흡인량은 500ml/min으로 2시간동안 포집하여 칭량법에 의해 농도를 측정하였다. 채취된 분진은 현장에서 기밀용기에 의해 보관운송하고 실험실에 도착한 후 60%의 습도를 유지시킬 수 있는 항습조에 넣어 24시간 이상 보관 후 측정하였다.

본 연구의 수행목적은 국내환경의 분진에 대한 영향평가와 더불어 분진 전기설비에 미치는 영향과 안전관리기준 마련을 위한 자료 활용에 있다.

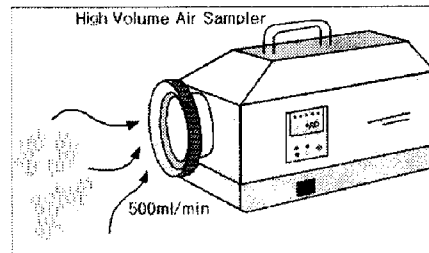


그림 1. 대기분진포집기

Fig. 1. High Volume Air Sampler

동시에 현장에서의 전기설비에 영향을 미치는 분진에 대한 실태조사를 실시하여 현장의 열악한 환경을 분석하였다.

현장에서 채취된 시료는 실험실조건에서 전자저울에 의해 측정되었으며, 측정시 수온이 23.5℃의 탈이온 증류수를 이용하여 도전율을 측정하였다.



그림 2. 도전율 측정

Fig. 2. Measurement of conductivity

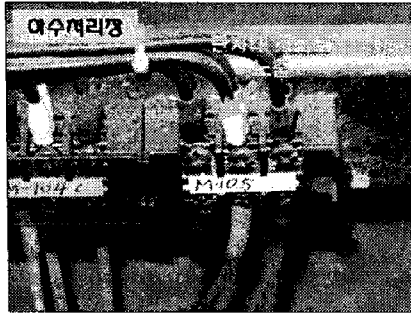
4. 분석결과 및 고찰

4.1 분진에 의한 전기설비 환경

그림 3은 현장에서의 전기설비에 영향을 미치는 실태를 촬영한 것이다. 제재소와 하수처리장의 경우 (a)는 상시 작업으로 인해 분진 축적이 용이하였으며, 분전함 내부 노출충전부에 대한 관리지침이 요구되었다. 특히 (b)의 경우에는 단차대의 보호덮개가 제 역할을 할 수 있는 구조로 되어 있지 않아 이에 대한 설치조건을 검토할 필요가 있으며 부식성 가스의 발생으로 인해 설비의 부식이 급격히 빨리 진행되는 것으로 조사되었다. 따라서 분진의 종류와 그 특성에 맞는 관리기준이 요구된다.



(a) 제재소



(b) 하수처리장

그림 3. 분진발생현장

Fig. 3. The site generated by the dusts

4.2 포집량 및 도전율 측정

그림 4는 분진포집기에 의해 포집된 분진의 양을 측정한 것으로 그림에서 알 수 있듯이 사료공장에서 채취된 분진은 기타 시설에서 포집된 분진량보다 월등히 많은 것을 확인할 수 있다. 사료공장의 경우 분진을 제거하는 제진기가 설치되어 운영되고 있으나 전기설비에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

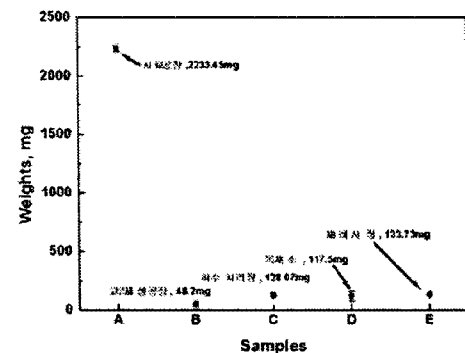


그림 4. 포집량 곡선

Fig. 4. Curves of dust sampling quantity

그림 5는 도전율 특성을 비교한 것이다. 그림에서 분진에 의한 영향을 쉽게 파악할 수 있다. 사료공장의 경우 수분이 포함되면 전기설비에 영향을 미칠 수 있는 정도의 도전율 특성을 가지는 것으로 나타났다.

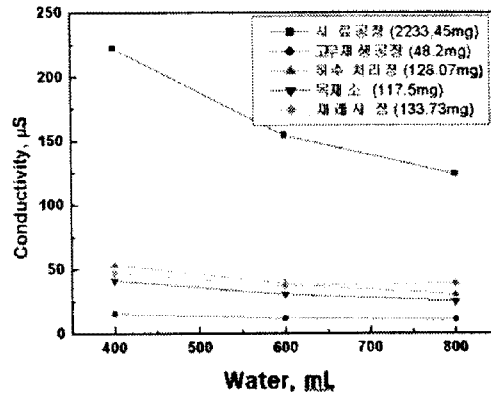


그림 5. 도전율 특성곡선

Fig. 5. The Characteristic curves of conductivity

5. 결론

본 논문의 내용은 절연재료의 표면에 부유분진이 자중에 의해 가라앉으면서 온도 및 습도의 영향에 의해 누설전류가 흐르고 표면이 탄화된다. 분진의 종류에 따라 사고의 과정은 빠르거나 오랫동안 지속되었다가 발생하는 근원적 원인을 규명하고자 국내현장에서 분포되고 있는 분진의 종류와 특성 분석과 관련규정을 검토하고 현장실태에서 나타난 문제점을 검토하였다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) 송길목, 김영석, 김선구, "저압용 절연재료의 염수분무 및 분진에 따른 특성비교", KIEE2007 summer conference, pp.1359~1360, 2007.07
- (2) 김영석, 송길목, 김선구, "외부 오염 환경하에서 고분자 절연재료의 표면 누설전류 측정 및 열화 패턴 분석", KIEE2007 summer conference, pp.2080~2081, 2007.07
- (3) 김영석, 송길목, 정진수, 정종욱, 김선구, "염수 및 분진에 의한 고분자 절연물의 표면전류 특성과 사고 위험성", Journal of the KIEE, Vol.21, No.8, pp.129~135 September 2007
- (4) 송길목, 한운기, 김영석, 정진수, 정종욱, 김선구, "PVC와 페놀수지의 표면열화에 따른 접촉각 측정과 위험성 평가", KIEE annual spring conference 2007, pp.458~462, 2007.05
- (5) 김영석, 송길목, 정진수, 정종욱, 김선구, "전기 절연물의 오염에 따른 누설전류 특성과 사고위험성 연구", KIEE annual spring conference 2007, pp.463~467, 2007.05
- (6) IEC 61241-10, "Classification of areas where combustible dusts are or may be present - electrical apparatus for use in the presence of combustible dust", 2006
- (7) KS C 0223, "환경시험방법(전기·전자) 염수분무시험방법_2005", 기술표준원, 2005