

전도도 센서를 이용한 송전선용 애자의 염분량 검출

A Detection of Salt Contamination on the Transmission Line Insulator Using Conductivity Sensor

강연욱*, 심응보*, 권동진*, 꺾주식*, 정창수**, 이옥배**
(Y.W.Kang*, E.B.Shim*, D.J.Kweon*, J.S.Kwak*, C.S.Jung**, O.B.Lee**)

Abstract

Outage caused by contaminated insulator on high voltage transmission line and in substation is major concern for utility world-wide. To prevent these outages, it is necessary to develop an automatic salt contamination detecting device which provide the information about contamination level on utility for engineer to meet the emergency in advance.

For that purpose, we have been developing an automatic salt contamination detecting device to monitor a salt amount on operating power utility area. In the salt contamination detecting device development, the most important thing is the sensor which can detect a salt amount and the understanding of sensor's detecting principle.

This paper describes the operating principle of the sensor and the experimental results about the detecting of salt amount. The results of this experiment will be useful for detecting the contamination level.

Key Words : Salt contamination, ESDD, 염해사고, 오손량 검출

1. 서론¹⁾

고전압 송전선과 변전소에서 오손된 애자에 의한 정전사고는 세계적으로도 크게 관심을 갖고 있는 상황이다.

특히 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라와 같은 입지조건에서는 전력설비 전반에 걸쳐 염해에 의한 애자의 부분방전 및 섬락사고 발생 우려가 크고, 이러한 사고는 대규모 정전사고를 유발할 수 있으며, 실제로 여러 차례 고장을 겪은바 있다. 물론 이러한 사고를 방지하기 위해서 위험지역에서는 주기적으로 애자를 세정하지만, 적절한 시기에 세정작업이 이루어지지지에 대한 판단기준을 설정하기가 쉽지 않아 애자 및 전력설비에 부착된 오

손물의 양과는 관계없이 세정작업이 이루어지는 경우가 있어 불필요한 경비가 소요되거나 필요시기에 세정이 이루어지지 못할 가능성이 있다.

또한 태풍 및 계절풍이 발생할 경우, 짧은 시간에 전력설비가 급속하게 오손이 진행되지만 설비 운영자가 이것을 파악하기가 쉽지 않으므로 이에 대한 대처방안 또한 쉽지 않다.

이에 본 연구에서는 전력설비 및 애자의 오손량을 검출할 수 있는 센서 및 시스템의 시제품을 개발하였으며, 현장에서 활용할 수 있도록 신뢰성을 검증하고 있다.

2. 시스템 구성

2.1 시스템 개요

염분을 다량 함유한 태풍과 환경오염의 심화로 인하여 발생한 전도성 오염물질이 전력설비의 절연을 파괴하는 사고 피해가 증대되고 있다. 대부분의

* 한전전력연구원
E-mail : ywkang@kepri.re.kr
** 한국전력공사

발전소와 송전설비가 해안가에 위치하고 있어 특히, 염해(鹽害)사고에 대한 대처방안이 절실히 요구되고 있다. 염해 사고는 절연체인 애자표면에 염분이 다량 부착되면 절연이 파괴되어 섬락이 발생하는 것이며, 그 대책으로는 적절한 숫자의 애자 사용과 부착되는 염분의 양이 위험 수준에 도달하기 이전에 제거하여 주는 것이다. 현재까지는 애자에 부착된 염분량을 검출하는 방법으로 애자 하면에 부착된 염분을 붓으로 채취한 후 그 수용액의 전기전도도를 측정하여 애자의 오손상태를 판단하는 펄세법이 사용되고 있다. 이 방법은 측정하는 사람에 따라 오차의 범위가 크며, 실시간으로 오손상태를 모니터링 하는 것이 불가능한 단점을 갖고 있다.

본 연구에서는 자연 상태에서 애자 하면에 부착된 염분량을 자동으로 검출하여 상시 감시할 수 있는 '전도도 센서를 이용한 자동염분측정장치'를 개발하였으며, 전체 구성도는 그림 1과 같다. 본 장치는 전도도센서 하면에 염분이 부착되면 습도 증가시 전류도 증가하여 흐르므로, 이 전류 값과 습도를 검출하여 애자의 염분부착량을 상시 감시하는 장치이다.

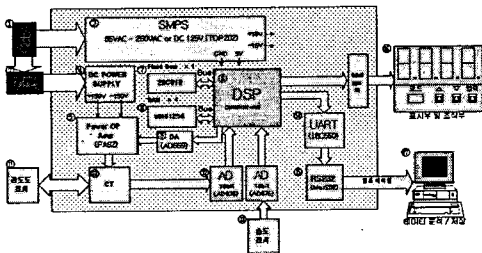


그림 1. 자동염분측정장치의 전체 구성도

자동염분측정장치는 염분부착시 흐르는 전류를 검출하는 전도도 센서, 습도를 검출하는 습도센서, 컴퓨터 및 표시부에 전도도와 습도를 전송하기 위한 판정 알고리즘 및 각종 제어를 수행하는 DSP(Digital Signal Processor) 등으로 구성된다.

2.2 시스템 사양

- 1) Main Processor : DSP (TMS320C32), 40 MHz
 - ◆ 내부 RAM : 512K Word (2 Mbyte)
 - ◆ 32 비트 타이머 2개
 - ◆ 동기통신용 시리얼 통신 모듈 1개
 - ◆ DMA 1 채널

- 2) 전원 입력 전압
 - ◆ AC 또는 DC 입력가능 (TOP202)
 - ◆ AC 85 ~ AC 260 [V] : Free Volt 입력
 - ◆ DC 0 ~ DC 125 [V]
- 3) Analog 입력 : AD976AN (Analog Device)
 - ◆ 3 CH, 16 비트 변환
 - ◆ 1ch : 염진해 센서
 - ◆ 2ch : 습도센서
- 4) DA 출력 : AD669BN (Analog Device)
 - ◆ 1 CH, 16 비트 출력
 - ◆ ±10 V 출력
- 5) DA 출력 증폭 : PA92(Apex)
 - ◆ DA출력을 받아서 14.423배 증폭해서 출력
- 6) 통신기능 : MAX202ES (ESD 15KV)
 - ◆ RS232C를 사용하여 1초마다 컴퓨터와 통신
- 7) 표시기능 : SND-640A
 - ◆ 4자리의 7-Segment와 LED를 이용한 표시
 - ◆ 전압 : 0~100 Vrms까지 가변
 - ◆ 주파수 : 0~1000 Hz까지 가변
 - ◆ 습도 : 0~100%로 표시

2.3 센서 구조 및 측정원리

전도도 센서는 그림 2와 같이 절연판에 12개의 전극을 설치하고 전극에 전원을 공급하여 누설전류를 검출한다. 각 전극은 3 mm 두께의 주전극 2개와 0.25 mm 두께의 보조전극으로 구성되며, 전극은 부식을 방지하기 위하여 주석과 납의 합금으로 도금한다.

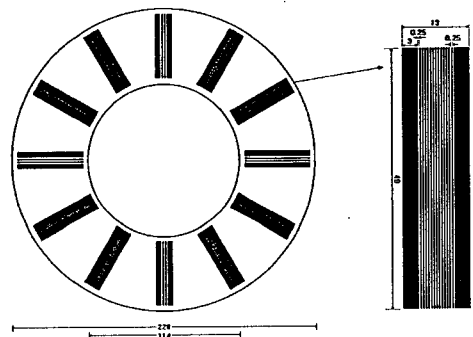


그림2. 전도도센서 구성도

전극간 간격은 0.25 mm의 절연상태이므로 정상 시에는 주 전극에 전원을 공급해도 전류가 거의 흐르지 않는다. 그러나 전극 위에 염분이 부착되고,

습도가 60% 이상 되면 전류의 크기가 증가하기 시작한다.

따라서 이 전류를 검출하여 DSP에 전달함과 동시에, 전류 검출시점의 습도는 습도센서로 검출하여 DSP에 전달한다. 검출된 전류와 습도는 아날로그 신호인 전압값으로 DSP에 전달되는데 DSP는 디지털 신호로 변환하여 표시부 및 컴퓨터로 전달한다. 컴퓨터 및 표시장치는 센서전압과 습도를 그래프 형태 및 숫자로 표시함으로써 염분 부착량을 판정할 수 있게 한다.

2.4 상태감시 프로그램

측정장치에서 측정된 전도도 센서 데이터 습도 데이터를 읽고 설비 운전자가 상시 감시하기 편리하도록 그래프 형태로 구성된 프로그램은 그림 3 및 그림 4와 같이 구성하였다

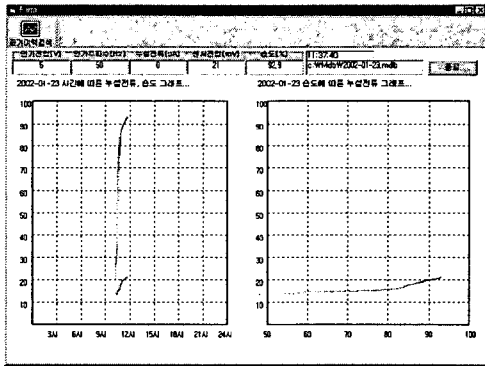


그림 3. 염분량 검출 메인 프로그램

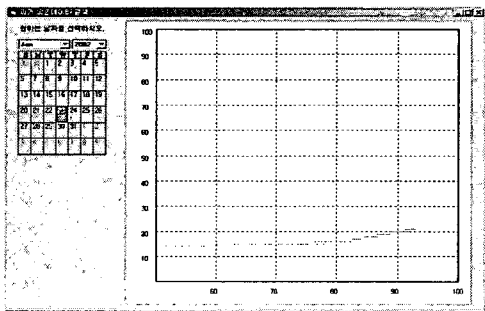


그림 4. 과거 데이터 검색 프로그램

프로그램은 MS사의 Visual Basic 프로그램 언어로 개발하였으며, 측정장치와 컴퓨터 사이의 데이터 통신은 RS-232C 통신 포트를 이용하였다. 그림 3의 메인 화면 중 좌측그래프는 시간에 따른 습

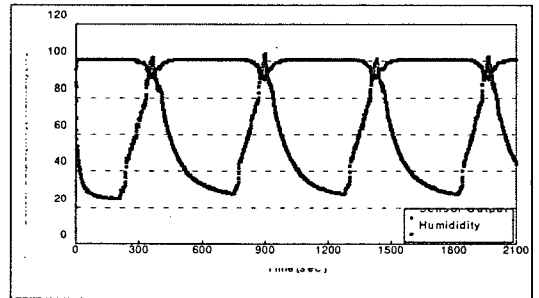
도 및 염분 측정용 전도도 센서의 전압을 나타내고, 우측 그래프는 습도에 따른 전도도 센서의 전압을 실시간으로 표시한다. 측정데이터는 MS Access 데이터 베이스 파일 형식으로 일별로 저장되며, 그림 4의 좌측 달력 버튼을 클릭하면 과거 데이터를 검색할 수 있다.

3. 실험 및 고찰

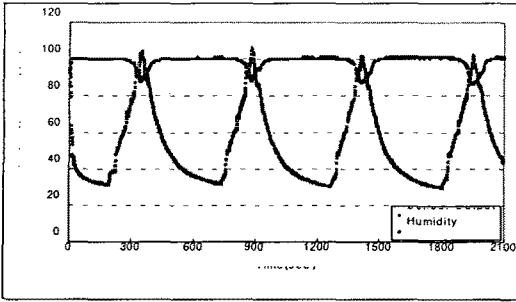
고체상태의 소금은 정상적으로는 도전성을 갖지 않지만, 응축작용에 의해 소금이 수분을 함유하게 되면 용해 이온화됨으로써 도전성을 가지게 되고 누설전류가 흐르게 된다.

따라서 염분 부착량을 검출하기 본 연구에서 고안한 전도도 센서는 센서 표면에 소금이 부착되었을 경우 낮은 습도의 고체 상태에서는 누설전류가 거의 흐르지 않지만, 습도가 증가함에 따라 응축작용에 의해 소금이 수분을 흡수하게 되고 누설전류량도 변하게 된다.

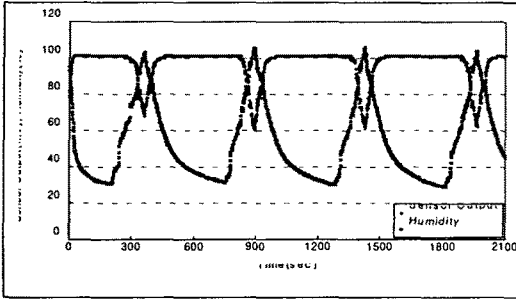
그림 5는 센서에 부착된 등가염분부착밀도인 ESDD(Equivalent Salt Deposit Density)값이 각각 0 mg/cm², 0.013 mg/cm², 0.08 mg/cm², 0.13 mg/cm²일 경우, 습도의 변화에 따른 센서 전압의 변화를 보여준다.



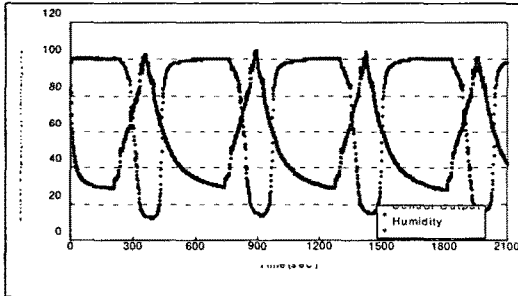
(a) ESDD값 - 0 mg/cm²일 경우



(b) ESDD값 - 0.013 mg/cm²일 경우



(c) ESDD값 - 0.080 mg/cm²일 경우



(d) ESDD값 - 0.130 mg/cm²일 경우

그림 5. 습도 가변에 따른 센서 전압 변화

그림에서 알 수 있는 것과 같이 습도가 증가함에 따라 센서의 누설전류가 증가하게 되고 센서 전압은 낮아지는 특성이 있다. 또한 센서에 부착된 ESDD값이 크면 클수록 습도 증가에 따라 센서 전압은 더욱 낮아지는 특성을 보인다.

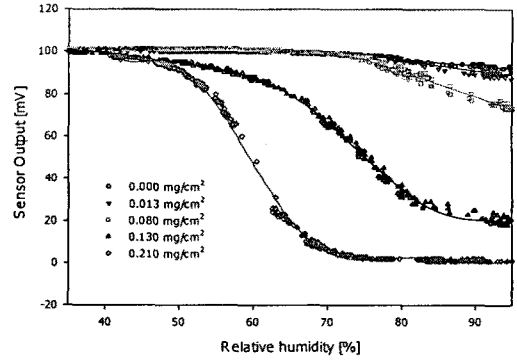


그림 6. 습도 가변시 염분부착량에 따른 센서 전압 변화 비교

그림 6은 이상의 실험결과를 습도에 따른 센서 전압으로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 ESDD값이 0.08 mg/cm² 이하일 경우 습도 70% 이하에서는 센서 전압이 거의 변하지 않지만, 습도가 70%를 초과함에 따라 센서 전압이 변하기 시작한다. 또한 ESDD값이 0.08 mg/cm² 이상일 경우 습도가 50% 부근에서부터 센서 전압의 변화가 시작됨을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 전력설비에 부착되는 염분량을 검출하기 위해 전도도 센서를 개발하였으며, 실험을 통해 본 논문에서 제안하는 전도도센서를 이용한 염분량 검출 방법이 유용함을 알 수 있었다.

본 방식의 현장적용을 위해서는 현장 실증시험이 필요하며, 습도와 센서 전압의 상관관계를 도출하고 염분량을 판정할 수 있는 알고리즘 개발이 향후 과제이다.

또한 태풍이나 계절풍이 불어오는 시기에 발생하는 급속오손을 센서가 실시간으로 검출할 수 있는지의 현장 실증시험이 필요하다.

[참고문헌]

[1] C.N. Richards and J.D. Renowden, "Development of a Remote Insulator Contamination Monitoring System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 1, January 1997, pp. 389-397

- [2] A.H. Woodcock, "Salt nuclei in marine air as a function of altitude and wind force", Journal of Meteorology, Vol 10, October 1953, pp. 362-371
- [3] "염진해 오손정도 및 기준정립에 관한 연구", 한전전력연구원, 2002. 3,