

염분오손도 자동측정 방법에 관한 연구

*강연욱, 장태인, 정선철, 양병모, 감지원, 조성배
한국전력공사 전력연구원

A Study on the Automatic Measurement of Salt Contamination Degree

*Y.W. Kang, T.I. Jang, S.C. Jung, B.M. Yang, J.W. Kang, S.B. Jo
KEPRI

Abstract - 송전선, 변전소, 발전소 등의 전력설비에 있어서 애자장치의 오손은 지락사고나 코로나 유발에 의한 환경장애 등의 원인이 되고 있어 염분에 의한 애자장치의 오손 대책이 설비 관리에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있으며, 이를 위해서는 염분 오손도의 측정이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 염분 오손도를 상시 자동으로 측정할 수 있는 방법으로서 제안되고 있는 전자식 애자 이용법, 열전 반도체를 이용한 전도도 측정법, Nd:YAG 레이저법, 레이저 광센서와 프리즘을 이용한 염분 오손도 측정법, 정전용량 검출센서를 이용한 염분 오손도 측정법, 백금 전극을 이용한 누설전류 측정법과 같은 염분 오손도 측정법을 소개하고자 한다.

이 방법은 현수 애자와 동일한 표면적을 가지고 있으면서, 애자 하면에 백금을 주체로한 내식성 특수 합금이 얇게 부착된 노출전극을 가지고 있는 염분검출용 애자를 이용 전극 사이의 전도도를 측정하여, 이를 등가 염분량으로 환산하여 염분 오손도를 검출하는 방법이다. 이 애자의 외형은 아래의 그림 2.1과 같다.

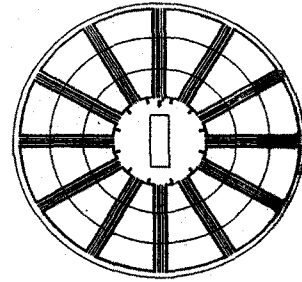


그림 2.1 염분검출용 전자식 애자

1. 서 론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라와 같은 입지조건에서는 전력설비 전반에 걸쳐 염해에 의한 사고가 발생할 우려가 매우 크다. 더욱이 이러한 염해 사고는 전력공급에 있어서 대규모 정전을 유발할 수 있으며 실제로 여러 설비 사고를 겪은 바 있다.

전력설비중에서 특히 애자 장치의 오손은 해당 설비의 전기절연 성능을 현저히 저하시켜 섬락 사고를 유발하거나, 코로나에 의한 환경 장애 등의 원인이 되고 있다. 따라서, 송전선, 변전소 등의 전력설비를 관리·운영하는 데 있어서, 염분에 의한 애자 장치의 오손 대책이 중요한 과제로 존재하며, 이를 위해서는 먼저 염분 오손도를 측정해야 한다.

현재, 일반적으로 시행하고 있는 염분 오손도 측정 방법인 필세법은 애자에 부착된 염분량을 검출하기 위해서 애자 하면에 부착된 염분을 붓으로 세정하고, 그 수용액의 전기 전도도를 측정하여 애자의 오손 정도를 판단하는 방법으로서, 측정자에 따라 측정 오차가 크고 많은 시간과 번거로운 작업을 필요로 한다. 또한 측정 주기가 일정한 간격(예를 들어, 1개월)으로 고정되어 급속 오손이나 측정전의 오손 변화량을 실시간으로 파악하는 것이 용이하지 않은 문제점이 있어 이를 충족시키는 염분 오손도 자동측정 장치의 개발이 요망되고 있다. 본 논문에서는 염분 오손도를 상시 자동으로 측정할 수 있는 방법으로서 제안되고 있는 전자식 애자를 이용한 전도도 측정법, 열전 반도체를 이용한 전도도 측정법, Nd:YAG 레이저법, 레이저 광센서와 프리즘을 이용한 염분 오손도 측정법, 정전용량 측정센서를 이용한 염분 오손도 측정법, 백금 전극을 이용한 누설전류 측정법과 같은 염분 오손도 측정법의 개요를 설명하고, 자동 측정장치 개발 방향을 소개하고자 한다.

애자 내부에 온도센서가 설치되어 있으며, 전극은 주전극과 중간전극으로 나뉘어져 있다. 전극들은 방사구조로 놓여있고, 병렬로 연결되어 바람에 의한 이산을 감소시킨다. 중간전극은 0.25[mm]의 너비와 0.25[mm]의 간격으로 주전극 사이에 13개가 놓여 있으며, 측정표면을 늘리고 측정값의 신뢰도를 더욱 증진시킨다.

이 장치는 전도도를 측정하기 위해 애자를 정당히 습윤시켜야 한다. 따라서, 염분검출용 애자, 본체 외에 애자를 증기실로 이동시키는 애자 운송기구, 증기실, 급수장치, 증기실 내부를 건조시키고 예열시키는 열풍발생기, 자바라, 동파방지용 히터 등의 부대설비가 필요하다.

2.2 열전반도체-전도도 측정법

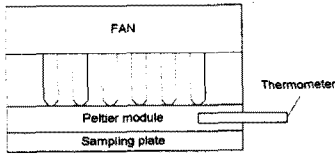
열전 반도체를 이용한 오손도 측정장치의 원리는 비스무스(Bismuth)나 텔루리움(Tellurium)으로 이루어진 P-type과 N-type의 육면체에 직류 전류를 흘리면 펠티어 효과(Peltier Effect)에 의해 한쪽은 발열하고 한쪽은 냉각되는 현상을 이용하여, 냉각된 표면에 전극을 설치하고, 주변의 수증기를 응축시켜 장치에 부착되어 있는 용해성 오손물질을 습윤시켜, 두 전극 사이의 저항 혹은 임피던스를 측정한다. 표면에 부착된 염분량에 따라 저항의 크기가 변하는 점을 이용하여 등가 염분량을 구할 수 있다.

다음 그림 2.2는 열전반도체를 이용한 측정부의 모양과 이를 애자 하면에 설치한 경우의 모습을 나타내고 있다. 측정 센서부를 단일 반도체 모듈로 설계·제작할 수 있으므로 전자식 애자에 비해 경박단소형으로 측정장치

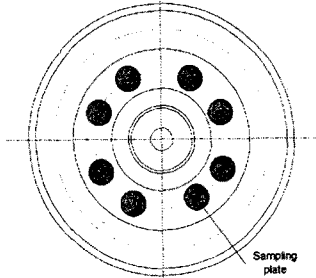
2. 본 론

2.1 전자식애자-전도도 측정법

를 구성할 수 있다.



(a) 검출 센서



(b) 센서 애자하면 부착 모습

그림 2.2 열전반도체 이용 오존도검출 센서

이 장치는 인가 전원으로 직류를 사용할 경우에는 전극의 부식 문제가 발생할 수 있으므로, 전극을 백금으로 설계하거나 교류전원을 사용하는 방법을 연구해야 한다.

2.3 Nd:YAG 레이저-광측정법

이 방법은 Nd(Neodymium)의 3가 이온을 YAG (Yttrium Aluminum Garnet : $Y_3Al_5O_{12}$) 결정에 도우프시킨 Nd:YAG 결정을 레이저 매질로 사용하는 Nd:YAG 레이저를 실제 측정 대상에 주사하고, 염분이 증발할 때 나오는 발광 패턴을 분석하여 오존도를 측정한다. 아래의 그림은 이 YAG 레이저를 이용한 오존도 측정장치의 현장 시험 광경으로 현장에 설치된 다른 측정장치에 의한 오존도 값과 YAG 레이저 장치에 의한 오존도 측정값이 유사하게 나타나 우수한 자동 오존도 측정법의 하나로 보고되었다.

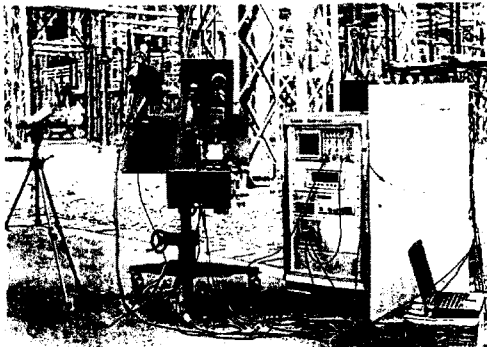


그림 2.3 YAG 레이저 염분오존도 측정장치

한편, YAG 레이저를 이용한 오존도 측정장치의 수광부는 레이저의 주사시 반사광을 잘 받아들일 수 있도록 측정시 마다 조절해 주어야 하며, 바람이 강할 경우 레이저 또는 애자가 흔들려서 레이저가 맞는 포인트가 달라져서 측정시 오차가 발생할 수 있다. 또한, 이동시 레

이저부와 레이저 전원부, 레이저 조준대, 수광부, 계측기부를 따로 분해하여 운반해야 하는 번거로움이 있기 때문에, 충격을 최대한 흡수할 수 있는 구조의 전용차량에 탑재하여 사용해야 한다.

2.4 레이저-프리즘 광측정법

염분오존도 측정장치에 사용한 레이저-프리즘 센서는 프리즘의 레이저광에 대한 전반사 특성을 이용하며, 측정 원리는 다음과 같다.

그림 2.4처럼 100% 반사면을 갖는 프리즘을 가공하여 여기에 레이저 광을 주사하면, 프리즘 표면에 염분이 부착되어 있지 않을 경우에는 입사광을 모두 반사하나, 프리즘 표면에 염분이 부착될 경우, 염분 부착 정도에 따라 입사광의 산란 정도가 달라져 반사되어 돌아오는 광량이 변하게 되는데, 수광부에서 이 반사광의 정도를 검출하고, 그 차이를 등가 염분량으로 환산하여 염분 오존도를 측정하게 된다.

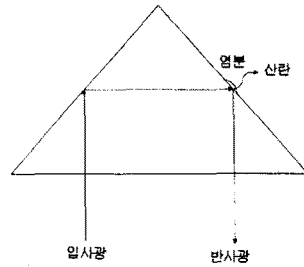


그림 2.4. 염분오존도 검출원리



그림 2.5 레이저-프리즘 염분오존도 측정장치

이 장치는, 100% 반사면을 갖는 프리즘, 프리즘에 레이저광을 주사하는 발광부, 프리즘으로부터 반사되어 나온 레이저광을 수광하는 수광부, 비교계측부, 유선통신부, 그리고 외함으로 구성되어 있으며, 그림 2.5와 같이 콤팩트형으로 설계·제작할 수 있다.

그러나, 레이저-프리즘 측정장치는 프리즘 표면이 얼거나, 수막이 생길 경우 굴절률에 변화가 있어서 측정값을 신뢰할 수가 없으므로 표면이 다른 상태에서 측정해야 한다.

다음은 인공오존 시험방법으로 표준 오존액(IEC 507 91)을 이용한 침전법을 이용하여, 오존액중의 염분량에 따른 측정장치의 출력값을 그래프로 도시한 것으로 오존액 중의 염분량이 어느 정도 증가하면 측정장치의 출력값이 포화되는 특성을 보여주고 있다.

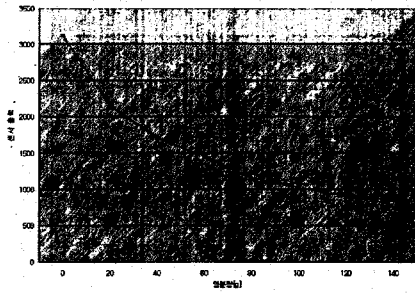
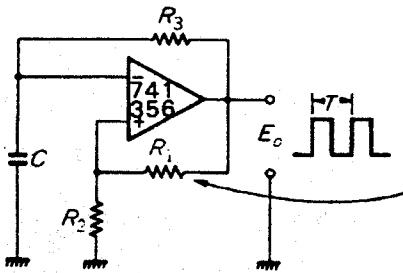


그림 2.6 레이저-프리즘 염분오손도 측정장치 출력특성

2.5 주파수-정전용량 측정법

이 방법은 전극 사이에 부착되는 오손물의 정도 및 특성에 따라 정전용량 값이 변하게 되면 회로의 발진 주파수가 변하게 되는 데, 이 값과 기준 회로의 주파수 차를 검출하여 이를 등가 염분량으로 환산하여 염분 오손도를 측정한다. 그림 2.7은 검출 원리를 개략적으로 나타낸 회로로서 정전용량 C의 양단이 전극으로 작용하며, 주파수 검출회로를 이용하여 역으로 C의 변화를 구한다.



$$f \propto 1 / R_3 C \text{ [Hz]}$$

그림 2.7 정전용량 측정 염분오손도 검출원리

아래의 그림 2.8은 염분량에 따른 장치의 주파수 출력 특성을 나타낸 것으로서 전극 사이에 염분이 많이 부착될수록 정전용량이 증가하여 발진 주파수가 감소하는 특성을 보여주고 있다.

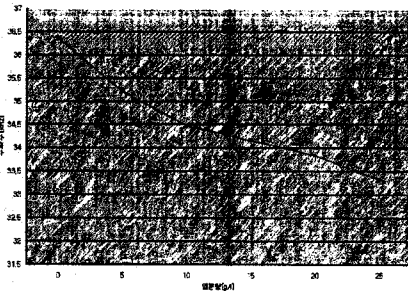


그림 2.8 정전용량 측정 염분오손도 측정장치 출력특성

한편, 이 장치는 전극의 부식에 의한 측정오차를 방지하기 위해 전극 표면을 코팅하여야 하며, 수분의 유무

및 정도에 따라 정전용량 값이 변화하게 되므로 주로 마른 상태에서 장치를 운용하도록 한다.

2.6 백금전극-누설전류 측정법

이 방법은 전극 사이에 부착된 염분량에 따라 변화하는 누설 전류값을 검출하여 염분오손도를 측정한다. 전지식 애자-전도도 측정법과는 달리 애자의 습윤 과정이 필요 없으며, 전극 사이의 누설 전류값을 측정해야 하기 때문에 높은 정밀도의 전류측정 기술이 필요하다. 또한, 측정값의 신뢰도를 확보하기 위해서는 장치가 설치된 곳의 습도 조건을 알 필요가 있다.

전극은 염분에 의한 부식을 방지할 수 있도록 백금으로 제작하며, 전극의 간격은 1mm 이하이고, 형상은 도넛 형태로 254mm 현수애자 하면에 부착될 수 있는 형태이다. 이 장치는 염무나 태풍과 같은 급속오손 상황이 발생했을 때, 증가하는 누설전류를 검출하여 급속오손 경보에 사용할 수 있다.

3. 결 론

전력설비중에서 애자장치의 염분오손도를 자동으로 측정하기 위해 제안된 여러 가지 측정법의 원리와 고려할 점 등에 대해 알아보았다.

여러 가지 방법들중 전력연구원에서는 경박 단소형의 염분 오손도 측정장치 개발을 목표로 현재 레이저-프리즘 측정장치, 주파수-정전용량 측정장치, 백금전극-누설전류 측정장치를 조합한 시제품을 개발하여 실험실 및 현장 실험을 실시하고 있다. 레이저-프리즘 측정장치 및 주파수-정전용량 측정장치는 평상시 오손도 감시용, 백금전극-누설전류 측정장치는 주로 급속 오손 감시용으로 활용될 계획이다.

향후, 현장 실험을 통해 드러나는 문제점들을 보완하여, 이 장치들을 염분 오손도 상시 감시, 애자의 새겨주기 결정, 전력설비의 절연설계 등에 이용할 계획이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 조주현 외, "레이저를 이용한 활선 염해 측정", 대한전기학회 하계학술대회, p1807-1809, 1997
- [2] 장태인, 강연옥 외, "레이저-프리즘 센서를 이용한 염분 오손도 측정장치 개발", 대한전기학회 방전 및 고전압연구회 춘계학술발표대회, p98-100, 2000
- [3] 損斐芳樹, プリズム式鹽分付着密度測定センサの開発, 電氣學會電力・エネルギー部門大會, p36-37, 1995
- [4] IEC 507 91, Artificial Pollution Tests on High-Voltage Insulators to be used on A.C. Systems, p23-27, 1998