

레이저를 이용한 활선 염해 측정

°조주현*, 이홍식*, 최영욱*, 권동진**, 최인혁**, 김정부**
*한국전기연구소, **한국전력연구원

A Study on the Laser Aided Measurement of Salt Contamination of Porcelain Insulators

C.H. CHO*, H.S. LEE*, Y.W. CHOI*, D.J. KWEON**, I.H. CHOI**, J.B. KIM**
* KERI, ** KEPRI

Abstract - The salt contamination on the surface of the porcelain insulators used electric power systems causes flash-over accidents. Therefore the quantity of salt contamination should be monitored not to exceed a limit.

In this study, we tried laser aided measurement of salt contamination. The Nd:YAG laser beam was focused on the surface of the porcelain insulators which were artificilly contaminated, and we detected the D-Line ($\approx 589\text{nm}$) of spontaneous emission from the excited sodium atoms with a PMT and an oscilloscope. And we deduced the relation between the detected signals and degree of salt contamination.

1. 서 론

해변에서 가까운 변전설비의 애자표면에는 염분이 부착되어 가끔씩 염분오손에 의한 섬락사고를 일으키곤 하는데 이를 방지하기 위하여 정기적으로 애자에 부착된 염분 오손 량을 측정하여 이것이 오손관리 목표치를 넘지 않도록 감시할 필요가 있다. 애자의 염분부착량 측정법으로는 필세법, 자동측정용 파일렛 애자가 사용되고 있지만 이들은 실 사용 애자 근방에 이것과 동일한 조건으로 설치된 파일렛 애자를 수거하여 와서 실험실에서 염분 부착량을 측정하여야 하는 불편함이 있다. 본 연구는 레이저를 이용하여 애자에 부착된 염분량을 실사용 애자에 대하여 활선 상태에서 원격으로 측정하고자 하는 것이다.

그 측정원리는 대상애자 표면에 Q 스위치된 Nd:YAG 레이저 펄스를 조사하여 애자의 표면에 부착된 염분을 발광시키고, 염분의 발광성분중 589nm 근방의 D-line 성분을 수광하여 그 수광된 광량과 염분부착농도와의 관계를 규명하여 측정에 이용하고자 하는 것이다.

본 연구에서는 에너지 140mJ, 펄스폭 10ns의 레

이저 빔을 인공적으로 염분을 부착시킨 애자의 표면에 조사하여 발광되는 빛을 수광렌즈를 통하여 수광하고, 필터와 PMT를 통하여 오실로스코프로 수광신호를 측정하여 오손도와 수광신호의 관계를 규명하였다.

2. 측정 원리

Nd: YAG 레이저를 이용한 염해측정 방법은 우선 염분이 부착된 애자의 표면에 $60\sim 130\text{MW}/\text{cm}^2$ 의 power density를 갖는 야그레이저 펄스를 조사하여 표면에 부착된 염분의 일부분을 증발시키는 방법으로, 에너지가 충분하면 분자는 원자로 나누어지고, 높은 에너지상태로 여기된다. 이 여기된 원자가 기저상태로 떨어지면서 내는 발광을 중심파장 589nm 밴드폭 1.5nm의 협대역 필터를 사용하여 그림1에 나타난 나트륨원자의 D-Line($D_1=589.593\text{nm}$, $D_2=588.996\text{nm}$)을 검출한다. 이때 수광되는 신호의 세기와 염분 부착밀도의 관계는 일반적으로 다음과

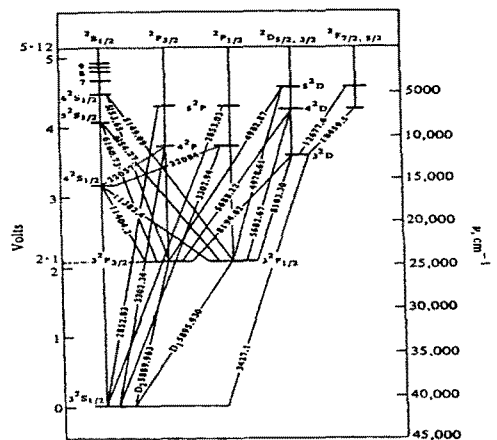


그림 1 나트륨원자의 에너지준위도 같이 보고되고 있다.

$$V = k \frac{\pi R^2}{r^2} c \rho^4 \quad (1)$$

여기서 V , c , ρ 는 각각 수광신호의 세기, 표면 염분 부착밀도, 레이저 파워밀도 이고, R , r , k 은 각각 수광렌즈의 반지름과 측정거리, 그리고 비례 상수를 나타낸다.

3. 측정장치의 구성

본 연구에서 구성된 측정장치의 구성도를 그림 2에 나타내었다. 본 연구를 위해서 제작된 레이저는 Nd:YAG 레이저로서 파장은 1064nm 이고, Q-switching된 최대출력은 300mJ, 펄스폭은 10ns, 반복율은 2Hz 이하, 빔 발산각은 3mrad 이다. Q-switching 방식을 쓰지 않고서는 나트륨을 발광시킬 수 있는 정도의 출력을 얻기가 어렵다. 또한 발산되는 레이저빔을 4-7m 정도의 거리에 직경 5mm 이하로 집속시키기 위해서는 beam collimator를 사용하여야 한다. 또한 수광되는 빛은 배경 광을 포함한 여러 가지 성분의 파장이 포함되어 있으므로 협대역의 필터를 사용하여 나트륨의 D-Line 이외의 빛은 차단하여야 하며 배경 중에 포함되는 같은 파장의 성분을 제거하기 위해서 DC 성분을 제거하여야 한다.

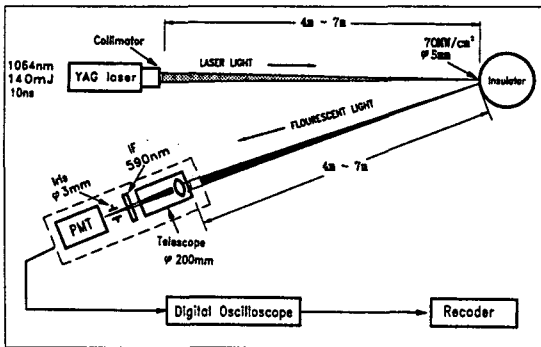


그림 2 활성염해 측정 시스템의 개략도

펄스폭 100ns 이하, 수십 mV의 미약한 신호를 검지하기 위해서 트리거를 Q-switching 되는 시간과 동기시키고 노이즈를 제거하기 위해서 임피던스 매칭과 동축케이블의 이중차폐를 하였다.

레이저와 수광부는 같은 평면의 조준대 위에 설치하여 조준대를 조정하여 같은거리의 원하는 목표 지점에 쉽게 조준할 수 있도록 하였다. 그러나 거리의 오차가 커지는 경우에는 spot과 수광각을 다시 조절하여야 하므로 조절이 용이하게 제작하였다.

4. 실험 및 결과분석

4.1 인공오손 및 측정조건

실험실에서의 예비실험을 위하여 참고문헌에 나타난 방법으로 다음 표와 같이 오손 액을 만들었다. 측정하고자 하는 애자를 깨끗이 씻은 후에 이 오손 액에 애자를 담구었다가 꺼낸 후 말린다. 그리고 4-7m 정도의 거리에 높이 2m 정도로 애자를 설치한 후에 빔 콜리메이터를 조정하여 5mm 정도로 빔의 spot을 조정한다. 그리고 수광렌즈가 spot을 향하도록 조정한다.

Kaolin 량 = 40 g/l

오손도 mg/cm ²	0.02	0.03	0.05	0.06	0.1	0.12	0.35	0.5
식염량 g/l	6.4	9.6	16	19.2	32	38.4	112	160

표 2 염분 량과 염분 부착밀도와와의 관계

레이저의 power density는 애자오손의 문턱치가 130MW/cm², 측정가능한 발광을 얻기 위해서는 60MW/cm² 정도이므로 그 사이 값으로 하여야한다. 그러나 100MW/cm² 정도에 이르면 애자의 발광이 지나치게 커져서 염분의 발광을 압도하게 되므로 예비 실험을 통하여 70MW/cm²으로 정하였다.

레이저의 애자 표면에 대한 입사각은 발광량의 절대치에 크게 영향을 미치므로 가능한 한 같은 조건이 되도록 하여야한다.

4.2 측정결과

수광된 신호는 애자의 종류에 따라서 다양한 결과를 나타내었다. 갈색의 경우는 일반적으로 두 번째 shot이 가장 신호가 강하고 10회 정도에 이르면 포화되는 경향이 있었다. 회색애자의 시편인 경우는 애자 자체의 발광이 갈색에 비하여 현저하게 작게 나타나고 있으나 이러한 현상도 일반적인 특성은 아니었다. 레이저의 power density가 클 경우는 갈색에 못지 않은 강한 발광이 있었고 또한 실제 회색의 애자에서는 다양한 세기의 애자 발광이 측정되었다. 이러한 현상의 원인은 590nm의 발광 성분이 나트륨 뿐만 아니라 애자의 도료의 발광에도 포함되어 있기 때문으로 여겨진다.

그림 3은 제작된 회색 시편에 조사하여 얻은 수광신호를 spot 5mm, 에너지 140mJ 일 때 거리 별로 나타낸 것이다. 이 그래프에서 알 수 있듯이 수광신호의 절대치는 염분부착량에 대하여 선형성이 좋지 못함을 알 수 있다.

그림 4는 실제애자의 날개 끝부분에 레이저를 조사하여 얻은 수광신호를 나타낸 것이다. 같은 자리에 레이저를 10회 조사하고, 각 오손도별로 20 곳을 조사하여 평균한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 수광신호의 절대치는 오손도와 무관하게 나타났다.

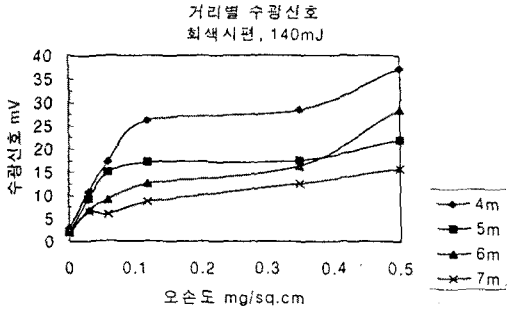


그림 3 수광신호 절대치의 거리별 비교

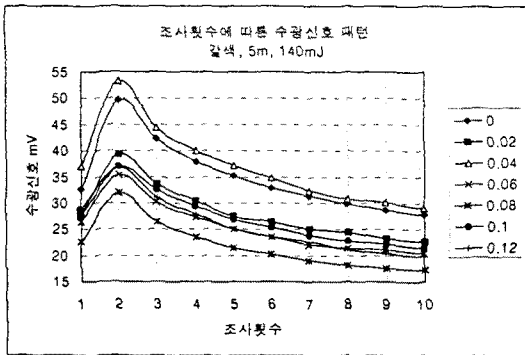


그림 4 갈색애자의 오손도별 수광신호

4.3 첫 번째 신호와 포화되는 신호의 비

실제로 변전소등의 애자의 오손은 순수한 염분 이외에 황토흙등의 대기 오염물질도 함께 애자에 부착된다. 이 경우에 황토흙등의 오손 물질이 많이 부착되는 곳에 염분도 많을 것으로 추측된다. 이러한 지점의 발광 신호의 조사횟수별 특징은 첫 번째 조사때 강한 발광이 있고 차츰 감소하여 8~10회에 이르르면 포화되는 특성이 있었다. 이는 애자의 표면에 부착된 이 물질이 애자의 직접적인 발광을

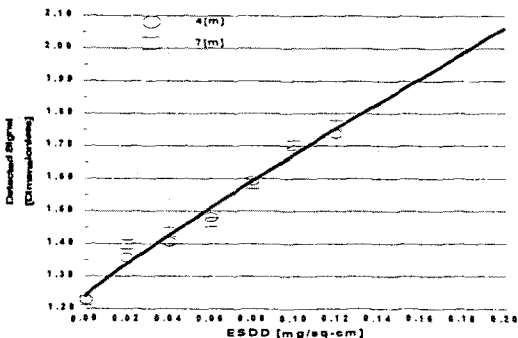


그림 5 첫 번째 신호와 포화되는 신호의 비

억제하는 역할을 하는 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 첫 번째 신호와 포화되는 신호의 비를

오손도별로 구하였다. 이 결과 오손도에 따라서 선형성이 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이 방법의 장점은 그림 5에 나타난 바와 같이 거리에 무관하게 오손도를 판별할 수 있고, 레이저의 power density, 입사각, 수광각 등의 많은 오차의 원인이 되는 파라미터들로부터 크게 구속받지 않는다는 것이다. 그러나 이 방법의 문제점은 포화 신호가 아주 작은 경우에는 적합하지 못하다는 것이다. 따라서 애자 발광의 상태에 따라서 수광신호의 절대치 혹은 포화 신호에 대한 첫 번째 신호 비를 취하는 방법을 선택하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

5. 결 론

본 연구에서는 활성상태에서 직접적으로 염분에 의한 애자의 오손상태를 진단할 수 있는 방법으로 레이저에 의한 나트륨의 발광분석을 하였다. 이를 위해서 용도에 적합한 Nd:YAG 레이저를 직접 제작하고 실험을 위해서 제작된 애자 시편 및 실제의 애자를 인공적으로 오손시켜서 그 오손도와 발광특성의 관계를 조사하였다.

실험결과 애자의 표면에 부착된 염분뿐만 아니라 애자자체의 표면에서도 589nm의 발광성분이 검출되었으며 그 발광이 애자마다 다르고 그 세기가 나트륨 발광신호의 세기에 비해서 무시할 수 없다는 것을 알 수 있었다. 수광신호의 절대치는 오손도와 선형적 관계가 좋지않았지만 오손이 심할수록 그 값이 큰 경향을 나타냈다. 이러한 이유는 애자 자체의 발광 때문이고, 이 경우 애자의 표면에 부착된 염분은 첫 번째 조사에 의해서 그 대부분이 증발하고 8~10회에는 수광신호가 포화 상태에 이른다. 따라서 수광신호의 포화되는 값과 첫 번째 신호의 비를 취하여 거리와 측정조건에 민감하지 않은 선형적 관계를 구할 수 있었다. 애자 자체의 발광이 없는 경우에는 수광신호의 절대치를 비교하여 오손도를 판별할 수 있을 것으로 생각된다. 이 경우에는 측정조건에 대단히 민감하므로 큰 오차를 발생시킬 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] Fujiyoshi, Honda, Muraoka, Maeda. "레이저-鹽害 觀測裝置의 開發", 레이저-研究, 20卷 12号, pp29-36, 1992.
- [2] 이위문, 홍순화, 장정태 외, "전력설비의 염진해 대책에 관한연구(III)", 한국전력공사 기술연구원 연구보고서 최종편, KRC-84S-J09, pp258-262, 1988.6
- [3] 김희재, 진윤식, 이홍식, 정상진, 윤진열 외, "활선염해 측정장치 개발연구(I)", 대한전기학회 논문지, 제44권 9호, pp 1208-1213, 1995. 9.
- [4] 이홍식, 조주현, 권동진, 윤진열 외, "활선염해 측정장치 개발연구(II)(측정의 예비조건 기초연구)",